TRATER Press
ABRIL 2019 • Nº 70
REVISTA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO
www.pedeca.es

HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM

SOFTWARE I-HAZ
MAXIMIZA PRODUCCIÓN
+ REDUCCIÓN RECHAZOS EN PARADA
SERVICIO TÉCNICO LOCAL

Fabricación y Reparación de Bobinas Local

INDUCTOTHERM GROUP IBERIA
ONDARLAN

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: 37.143.120.37

SUB CON TRATA CIÓN '19

FERIA INTERNACIONAL
DE PROCESOS
Y EQUIPOS PARA
LA FABRICACIÓN

4/6 DE JUNIO DE 2019

Mª Carmen Gorostiza
Tel. 94 404 00 78/93
subcontratacion@bec.eu

www.subcontratacionbilbao.com

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

Nuestra Portada

INDUCTOHEAT

El Grupo **Inductotherm** es líder en la fabricación de hornos de inducción para forja y tratamiento térmico.

- Posibilidad de cambio automático de bobinas.
- Automatización de carga y descarga de billets.
- Sistema modular de control individual de potencia por bobina.
- Software I-HAZ 2 de simulación, optimización y reparto de cargas.
- Autodiagnóstico de fallos.
- Posibilidad de interconexión con equipos externos.
- Posibilidad de frecuencia dual.

Inductotherm Group Iberia

- Unidades robustas para funcionamiento 24 h.
- Amortización a corto plazo.
- Servicio técnico local.
- Repuestos originales en stock.
- Fabricación y reparación de bobinas local.

Ondarlan S.L.
Pol Txirrita Maleo nº 10
2100 Rentería Gipuzkoa
+34 943 63 50 79
www.ondarlan.com
E-mail: oficina@ondarlan.com
I.P. Videoconferencia 88.2.227.10

Sumario • Abril 2019 - Nº 70

Información

- Los trabajadores del metal deben actualizarse ante las nuevas necesidades formativas del sector **4**
- IV Fórum Técnico de Tratamiento Térmico - TRATER DAY 2019 **6**
- Nueva web de inductores fabricados por impresión 3D únicos en el mundo **8**
- Un paso de gigante **10**
- THERMPROCESS, GIFA, NEWCAST y METEC: La teoría y la práctica van de la mano **12**
- Empresas líderes en aeronáutica, automoción y bienes de equipo participarán en subcontratación **16**
- 1979-2019. 40 años de Bautermic S.A. **18**
- Mercados para chatarra de acero y aluminio - *Por Gerd Krause* **20**
- Coyuntura del metal - *Por Confemetal* **24**
- Efecto de los tratamientos térmicos en aleaciones de Ti y Al por fabricación aditiva para aplicaciones aeroespaciales (y Parte II) - *Por M. Herrera-García, C. Galleguillos, A. Periñán, J. Martin, C. Navarro, J. Domínguez y F. Lasagni* **27**
- Global Industrie 2019 **32**
- SSAB presenta la gama Docol HE de aceros avanzados **34**
- Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica, destinados a la industria automovilística (Parte IV) - *Por Manuel Antonio Martínez Baena* **36**

Guía de compras **46**

Índice de Anunciantes **50**

Síguenos en

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

PEDECA PRESS PUBLICACIONES
Goya, 20, 1º - 28001 Madrid
Teléfono: 917 817 776
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

Los trabajadores del metal deben actualizarse ante las nuevas necesidades formativas del sector

Según el estudio anual realizado por el Servicio Público de Empleo Estatal –SEPE– para conocer las necesidades formativas de cada sector, los profesionales del sector metal deben actualizar sus conocimientos ante las grandes innovaciones tecnológicas.

Atendiendo a la situación actual del mercado, el Observatorio de las Ocupaciones del SEPE elabora anualmente un plan de formación, que busca la mejora de la competitividad de las empresas y la empleabilidad de los trabajadores.

Para que su oferta didáctica ofrezca mejoras en el mercado laboral, el SEPE ha desarrollado un minucioso estudio para conocer cuáles son las nuevas necesidades formativas de cada sector. De este modo, promete anticiparse a las necesidades del tejido productivo y ofrecer recursos humanos de calidad para las empresas.

Según defienden varios análisis sectoriales, el del metal es uno de los sectores que ha afrontado más innovaciones tecnológicas en los últimos 10 años. Es por ello por lo que la importancia de una formación profesional activa en este sector, resulta indispensable para la adaptación de los profesionales a la nueva realidad laboral a la que deben enfrentarse.

Para dar respuesta a las necesidades formativas detectadas en el sector metal, el Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social, pone a disposición de los trabajadores y autónomos de dicho sector, tres cursos 100% subvencionados y totalmente gratuitos.

En modalidad online y de corta duración, los cursos tienen competencia en las áreas de energía, medioambiente y diseño programado.

Esta oferta formativa busca adaptarse a las necesidades del mercado ofreciendo las máximas facilidades a los trabajadores en activo para que complementen su formación de la forma más fácil posible. Es por ello por lo que, bajo la tutorización de un profesional experto en la materia, los alumnos aprenderán nuevas competencias disponiendo desde el inicio del curso y durante las 24 horas de todo el material didáctico. De este modo, podrán distribuir sus horas de estudio de la forma más acorde con sus posibilidades.

Al no tratarse de formación bonificada, estos cursos no consumen créditos a la formación de las empresas y no es necesario que el trabajador solicite ningún tipo de permiso a su entidad laboral, ya que la relación se establece directamente con él de forma personal.

Para acreditar las competencias adquiridas, una vez finalizado el curso, los participantes obtendrán un diploma acreditativo avalado por el Ministerio de Trabajo y vinculado a la especialidad formativa realizada.

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

publadk

IV Fórum Técnico de Tratamiento Térmico - TRATER DAY 2019

2019 October 17th - 17 octubre

Jornada completa

IK4-AZTERLAN, Auditorio
Aliendalde Auzunea 6
48200 Durango
BIZKAIA - SPAIN

Ubicación — Location: http://bit.ly/28Jbl2p

Presentación

Una nueva edición del Fórum Técnico de Tratamiento Térmico será organizada por el Instituto de Fundición TABIRA e IK4-AZTERLAN el 17 de octubre de 2019 en Durango, con la colaboración como Media Partner de TRATER PRESS.

El sector de los tratamientos térmicos se enfrenta al desafío principal de proponer soluciones altamente innovadoras que permitan mejorar las características de los materiales con los que se fabrican piezas para industrias de tan alta exigencia como son la aeronáutica, naval o automoción, consiguiendo materiales más duraderos, flexibles y ligeros.

El principal objetivo de esta propuesta de trabajo es mejorar la posición tecnológica y competitiva de las empresas de la industria metal mecánica, presentando importantes innovaciones tecnológicas provenientes de los últimos desarrollos en el campo de los tratamientos térmicos. Esta jornada técnica de trabajo se posiciona como punto de encuentro para profesionales, técnicos y equipos de investigación especializados en los últimos avances e innovaciones en los distintos ámbitos de la industria del tratamiento térmico (tecnologías de temple, tratamientos superficiales, caracterización, medición, recubrimientos…). Se trata así de convocar tanto a las empresas referentes del sector como a los sectores estratégicos que los aplican (automoción, eólica, ferroviaria, aeronáutica, fundición, entre otras).

EL PROGRAMA DEFINITIVO SERÁ PUBLICADO PRÓXIMAMENTE

Web: www.iftabira.org
LinkedIn: https://www.linkedin.com/company/10602924/

IV FÓRUM TÉCNICO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

TECHNICAL FORUM ON HEAT TREATMENT

17 de octubre

October 17th

IK4-AZTERLAN (Durango)

tabira Instituto de Fundición

WFO

IK4 AZTERLAN Research Alliance

TRATER Press

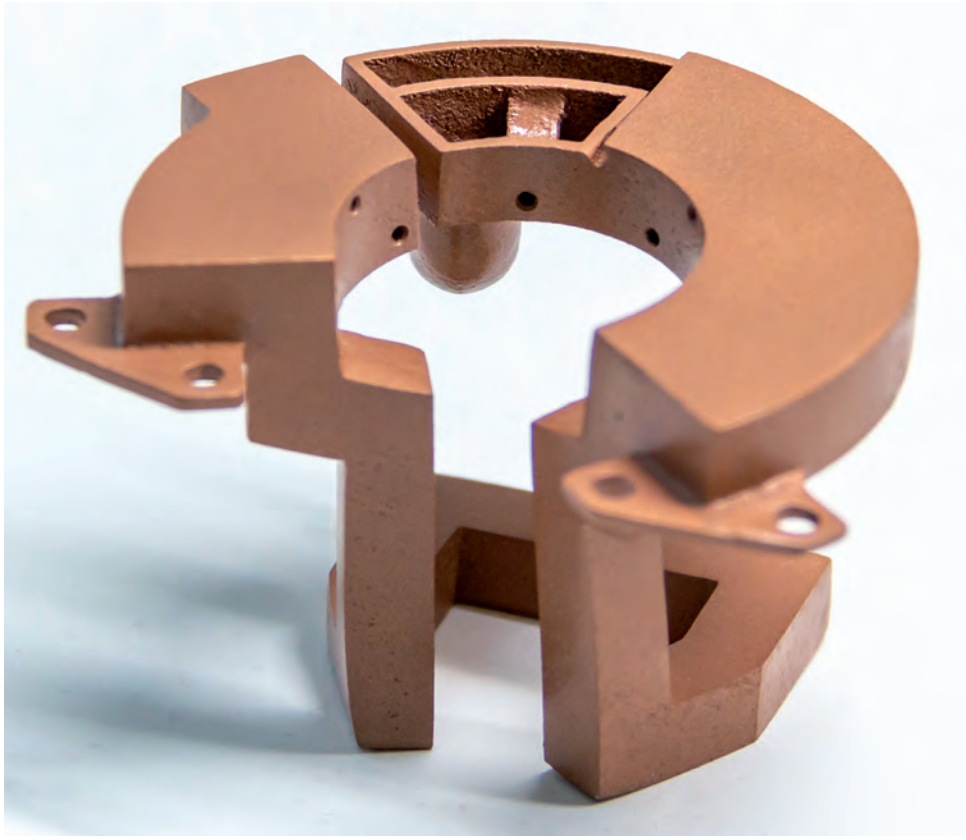
Solicitud de información del evento, mediante email a info@iftabira.org
o a través de la web https://bit.ly/2Hkc91M

Nueva web de inductores fabricados por impresión 3D únicos en el mundo

La empresa española GH ELECTROTERMIA del grupo GH INDUCTION lanza su nueva web www.3dinductors.com para divulgación de su tecnología de bobinas/inductores impresos en 3D fabricados en cobre puro, de los cuales son pioneros a nivel mundial.

Es un hito en la historia del calentamiento industrial por inducción, que ya está siendo desplegada en grupos de automoción e industriales por sus grandes beneficios.

Los inductores son una pieza crítica en los tratamientos térmicos por inducción. Éstos deben reemplazarse por su deterioro cada cierto tiempo, interrumpiendo la producción y consumiendo gran cantidad de horas de mano de obra para su calibración.



Con los inductores 3D de GH, la vida útil de los inductores se incrementa de forma extraordinaria (existen casos hasta 4 veces mayor), los repuestos son exactamente iguales y se optimizan los diseños al máximo.

Esto implica la reducción de costes de producción por pieza y una mejora en el tratamiento, que con la tecnología actual no puede alcanzarse.

La tecnología se basa en la fusión de polvo de cobre por haz de electrones (EBM), único método a día de hoy que trabaja con cobre puro y no con aleaciones.

Part of
ADVANCED ENGINEERING | by EASYFAIRS

metalmadrid `19

27 - 28 NOVIEMBRE
FERIA DE MADRID

LA FERIA LÍDER EN INNOVACIÓN INDUSTRIAL

ROBOMATICA
COMPOSITE SPAIN
CONNECTED MANUFACTURING
PERFORMANCE METALS ENGINEERING
ADDITIVE MANUFACTURING
New for 2019

Gold sponsors
FUCHS
Hoffmann Group
SCHUNK
TRUMPF

Event Partners
AEMAC
hp 3D Printing
lantek

Últimos espacios disponibles en MetalMadrid 2019. Infórmate y reserva ya el tuyo:

+34 91 541 24 88 · metalmadrid@easyfairs.com · www.metalmadrid.com

Un paso de gigante

Sodeca Group, uno de los principales fabricantes de ventiladores industriales, ventiladores para la evacuación de humos y equipos para la sobrepresión de escaleras en caso de incendio, continúa creciendo con la nueva incorporación al grupo, de Marelli Ventilazione S.R.L.

Marelli es una empresa ubicada en el norte de Italia, especialista en la fabricación de grandes ventiladores Industriales.

Con más de 125 años de historia ha conseguido ser una de las empresas líderes en Italia, por su reconocida trayectoria sobre todo en la fabricación de ventiladores para hornos y procesos industriales.

Esta adquisición forma parte de la estrategia de expansión internacional del grupo, con el objetivo de poder ofrecer una atención al cliente de proximidad y responder adecuadamente al aumento de demanda detectado en los últimos años.

Actualmente Sodeca Group está formado por 12 empresas propias, con una plantilla de más de 550 empleados y una facturación global de 90 millones de euros.

INDUSTRIA 4.0

DIGITAL FACTORY
INTELIGENCIA ARTIFICIAL
TECNOLOGÍA PARA LA SALUD
ROBÓTICA DE SERVICIO
EDUCACIONAL
SISTEMAS PESQUEROS
MONITORIZACIÓN y TELEDETECCIÓN
DRONES E INDUSTRIA AEROESPACIAL
IMPRESIÓN 3D

INNOVATLÁNTICO 4.0
salón de las nuevas soluciones tecnológicas
VIGO 3 y 4 OCTUBRE 2019
EXHIBITION CENTER - ESTACIÓN MARÍTIMA

VIGO 4 Y 5 OCT 2019
INNOVATLÁNTICO
salón de las nuevas soluciones tecnológicas

VIGO: EJE DINAMIZADOR DEL NOROESTE PENINSULAR

"FORUM INNOVATLÁNTICO"

Muelle de Trasatlánticos VIGO s/n. C.P.: 36202 VIGO.
TELÉFONO: +34 886 117 898 | MÓVIL: +34 693 737 287
info@saloninnovatlantico.com www. saloninnovatlantico.com
twitter.com/InnovAtlantico_ www.facebook.com/SALONInnovatlanticoVIGO

THERMPROCESS, GIFA, NEWCAST y METEC: La teoría y la práctica van de la mano

Con 2.000 expositores y unos 78.000 profesionales del metal de todo el mundo, del 25 al 29 de junio de 2019, Düsseldorf será una vez más el punto de encuentro de la tecnología internacional de fundición y metalurgia. Bajo el lema «The Bright World of Metals», el cuarteto de ferias comerciales GIFA, NEWCAST, METEC y THERMPROCESS cubren de forma exhaustiva todo el espectro en tecnología de fundición, productos de fundición, metalurgia y tecnología de termoprocesos. ¿Qué sería de este cuarteto internacional de ferias sin un extenso programa marco especializado? Los congresos, simposios y reuniones internacionales del sector son plataformas de conocimiento únicas que aúnan la teoría y práctica, ofreciendo una excelente oportunidad de crear redes e intercambiar experiencias. Un trío de éxito: METEC & EMC & ESTAD Un trío de éxito sin igual es la METEC con los congresos complementarios EMC – European Metallurgical Conference y ESTAD – European Steel Technology and Application Days. Desde el 24 hasta el 28 de junio, la ESTAD girará en torno al acero, su producción y aplicaciones, así como a los aspectos medioambientales y energéticos. Los fabricantes de acero, proveedores y usuarios, no pueden perderse este congreso de cinco días de duración. Es en inglés y se divide en cinco áreas temáticas:

- Producción de hierro.
- Producción de acero.
- Laminado y forjado.

  Materiales de acero y su aplicación, técnicas de fabricación aditiva, tecnologías de superficie.
- Protección del medio ambiente y aspectos energéticos.

La cuarta edición del congreso ESTAD está organizada según la mejor tradición por el Instituto de Acero VDEh, en cooperación con sus socios «Austrian Society for Metallurgy and Materials» y la«Associazione Italiana di Metallurgia». Información detallada y las entradas están disponibles online en: www.metec-estad2019.com. Por décima vez, no solo tiene lugar la METEC, sino que el congreso EMC celebra su décima edición el próximo año. La Conferencia Metalúrgica Europea es la conferencia más importante para la metalurgia no ferrosa en Europa y comienza dos días antes de la METEC. Su tema clave es el uso óptimo de los recursos y el reciclaje para una alternativa sostenible. La conferencia exclusivamente en habla inglesa es una invitación de la GDMB - Gesellschaft der Metallurgen und Bergleute e. V. - (Sociedad de Metalurgia y Minería) y está destinada a productores de metal, fabricantes de plantas y proveedores de servicios, así como a universidades y empresas de ingeniería. Desde enero de 2019, es posible inscribirse y adquirir las entradas en los siguientes links: https://emc.gdmb.de/registration.

THERMPROCESS con simposio y exposición especial

La teoría y la práctica se dan la mano en los dos eventos de THERMPROCESS: el espectáculo especial FOGI de la Forschungsgemeinschaft Industrieofenbau e. V. en la VDMA (Asociación de la Industria de Ingeniería Mecánica) y el simposio THERMPROCESS de VDMA Metallurgy. En numerosas conferencias especializadas, el simposio arrojará luz acerca de aspectos actuales de la tecnología de procesos térmicos. La atención se centrará particularmente en los siguientes temas:

INDUSTRY TOOLS
by FERROFORMA

FERIA INTERNACIONAL
DE LAS HERRAMIENTAS Y
LOS SUMINISTROS PARA
LA INDUSTRIA

04-06 JUNIO 2019 BILBAO

UN CAMBIO PARA ACCEDER A NUEVOS CLIENTES

IN DUS TRY · ADDIT3D · bedigital · FIT MAQ · it: INDUSTRY TOOLS by FERROFORMA · maintenance · PUMPS & VALVES · SUB CON TRATA CIÓN

Colaborador:

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO
EKONOMIAREN GARAPEN ETA AZPIEGITURA SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS

BILBAO EXHIBITION CENTRE

EXPOSSIBLE!

industrytools@bec.eu
www.industrytools.eu

- Nuevas tecnologías de quemadores.
- Conservación de recursos y eficiencia energética, teniendo en cuenta la reducción de CO2 y NOx.
- Desafíos con la calidad fluctuante del gas, también en la alimentación de combustibles alternativos.
- Requisitos actuales y futuros para materiales automotrices tratados térmicamente.
- Conceptos de calentamiento en tecnología de procesos térmicos.
- Industria 4.0 y su implementación en tecnología de procesos térmicos.

Además de las conferencias, en la exposición especial FOGI en el pabellón 10, prestigiosos institutos de investigación en tecnología de procesos térmicos presentarán sus temas e investigaciones actuales. GIFA & NEWCAST: todo un espectáculo para la industria de la fundición. La Asociación alemana de expertos en fundición e.V. (Verein Deutscher Gießereifachleute e.V) y la Federación alemana de la industria de la fundición (Bundesverband Deutsche Gießerei-Industrie) presentarán todo un espectáculo en la GIFA y la NEWCAST. El encuentro de fundición Gießer-Treff, con sus diversas áreas temáticas que se celebra en el pabellón 13 (stand D 04), será el atractivo principal durante toda la feria. En la sección «Tecnología en piezas fundidas», las empresas afiliadas a la BDG presentan toda la gama de materiales de fundición. En el área contigua, «World of Castings» se podrán admirar componentes de fundición. Además, en los cinco días de feria, el BDG-Forum ofrecerá fascinantes conferencias de gran calidad. El miércoles es el día de las fundiciones y en el NEWCAST-Forum en el pabellón 13 se informará acerca de las innovaciones en el sector de la fundición, además de esbozar soluciones prácticas para el trabajo diario de la fundición.

El 26 de junio se otorga el premio NEWCASTAward a componentes de fundición innovadores. Esta ponencia tendrá lugar en el contexto del GIFA-Forum de dos días (25 y 27 de junio), durante el cual los proveedores de fundición presentarán las últimas tendencias y técnicas. Dos exposiciones especiales, organizadas por Haus der GießereiIndustrie (Düsseldorf) (Casa de la Industria de Fundición) pondrán en el punto de mira dos temas de gran actualidad: por un lado, el tema de la digitalización y sus efectos en la fundición, por otro las soluciones innovadoras para evitar el CO2. En particular, el potencial aún no utilizado para la recuperación del calor residual, ofrece a las fundiciones grandes oportunidades para reducir costes energéticos y las emisiones de CO2.

El viernes 28 de junio, a los visitantes del primer foro europeo CAEFForum les esperan presentaciones acerca de emblemáticos proyectos de éxito y desafíos específicos de cada país en los países miembros de CAEF. La industria de la fundición, entre tradición y vanguardia. La Asociación de profesionales de fundición alemana (VDG) celebra su 150 aniversario en 2019. Con tal motivo, el BDG-Forum del sábado 29 de junio girará en torno al desarrollo de la industria de la fundición en los últimos 150 años. A modo de programa alternativo, durante toda la feria se echará un vistazo al futuro en el área de jóvenes talentos (pabellón 13, stand C 38) y se abordarán los siguientes aspectos:

- ¿Qué les espera a escolares, aprendices y estudiantes en la fundición del futuro? Para ello, se presentan varios proyectos en los espacios de exposición, p. ej. cuánto hierro fundido encontramos realmente al desmontar un automóvil.
- ¿Qué ofrecen las numerosas universidades e institutos de fundición en la exposición de los institutos afiliados («InstituteSchau»)?
- ¿Dónde se encuentran los centros de formación para mecánicos de fundición en Alemania?

Más información sobre todo el programa disponible a partir de febrero de 2019 en www.bdguss.de.

Estreno: conferencia y exposición especial acerca de la fabricación aditiva.

Por vez primera se celebrarán la exposición especial (pabellón 13) y la conferencia especializada en fabricación aditiva en la GIFA. Ya sea en la fabricación de modelos y moldes, en la producción de núcleos o en la impresión directa de metales, las fundiciones y sus proveedores están abriendo nuevos caminos gracias a la fabricación aditiva. Ambos eventos tienen en cuenta este aspecto. La conferencia especializada «Impresión 3D de metal» el 26 de junio, tratará los siguientes temas actuales en forma de ponencias:

- Cómo se benefician las fundiciones de la impresión 3D.
- Innovaciones en la impresión 3D de metal.
- Cadena de proceso digital.
- Aseguramiento de la calidad.

Una mirada más allá, el director y moderador de la conferencia es Sebastian Bremen, director del Centro de Aquisgrán para la impresión 3D y Láser y Group Manager de Laser Powder Bed Fusion en el Fraunhofer Institute for Laser Technology. Organizado por la editorial Süddeutscher Verlag Veranstaltuge.

THERM PROCESS

GIFA METEC THERM PROCESS NEWCAST

The Bright World of Metals

25–29 JUNE
DÜSSELDORF
GERMANY

2019

THERM PROCESS

12TH INTERNATIONAL TRADE FAIR AND SYMPOSIUM FOR THERMO PROCESS TECHNOLOGY

Nº1 worldwide

Nuevas soluciones de materiales mediante tratamiento térmico

THERMPROCESS y el simposio cubren todos los campos de negocio en torno a las instalaciones industriales de termoprocesos, con novedades e innovaciones en las áreas de hornos industriales, instalaciones de generación de calor y tecnología de procesos térmicos.

Plataforma para transferencia de know-how

Ponencias sobre los más novedosos desarrollos de la ciencia, la investigación y la industria completan la exposición.

¡Bienvenidos a Düsseldorf!

eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

FOGi

Expo-Düsseldorf España, S.L.
C./ Fernando Garrido, 6 - Local
28015 Madrid - Spain.
Tel. (0034) 915 944 586
info@expodusseldorf.com

Messe Düsseldorf

thermprocess-online.com
tbwom.com

Empresas líderes en aeronáutica, automoción y bienes de equipo participarán en subcontratación

Empresas líderes en sectores como la aeronáutica, la automoción y los bienes de equipo, entre otros, ya han formalizado su inscripción como visitantes en la Feria Internacional de Procesos y Equipos de Fabricación, SUBCONTRATACIÓN'19, que se celebrará entre el 4 y el 6 de junio en Bilbao Exhibition Centre. El mundo de la fabricación no podría existir sin la subcontratación industrial; las grandes compañías lo saben, y por eso no dudan en asistir a este encuentro. Ejecutivos con responsabilidad en gerencia, dirección o innovación acuden a esta feria para buscar la mejor pyme que responda a las necesidades de sus respectivas empresas.

Las firmas que se han inscrito para esta edición de Subcontratación son de primer nivel y acreditan, además, una gran proyección internacional que abarca diferentes sectores. Así, el campo de la aeronáutica estará representado por Aciturri, Aernnova, ITP o Bombardier, entre otras compañías; en bienes de equipo habrá representantes como Ampo, ArcelorMittal, Danobat y Soraluce; también participarán empresas del sector ferroviario como CAF, o de la automoción como EvoBus, Mercedes Benz España, Iveco España, Grupo Volkswagen-Seat S.A. y Grupo Gestamp. Por lo que respecta al sector energético, que también estará presente, Gamesa Energy Transmission será uno de sus representantes.

Al otro lado se encuentran las empresas subcontratistas ubicadas en el espacio expositivo de la feria, que en estos momentos registra ya una ocupación del 85%. Estas pymes acuden a Subcontratación con un triple objetivo que pasa por captar nuevos clientes, reforzar la cooperación entre ellas y acceder a más mercados. La mecanización y la fabricación de piezas, así como la fundición y la transformación sin arranque de viruta representan las principales actividades de los expositores, que dirigen su trabajo hacia sectores muy concretos. En este sentido y, en concordancia con las empresas citadas, las construcciones metálicas, la aeronáutica y la automoción encabezan la lista de sectores hacia los que se dirige el expositor.

En este grupo destaca la presencia internacional que contará con una nutrida delegación de Portugal, ya que por primera vez las tres asociaciones de metalurgia y electromecánica del país luso, AIMMAP, ANEME y AIDA, se han unido para acudir a esta feria. Las empresas portuguesas consideran Subcontratación como el principal evento del sector en el mercado estatal y valoran los encuentros B2B como "determinantes" para decidir su participación. Expositores llegados desde Alemania, Francia, Italia, Austria, India y Reino Unido, entre otros países, les acompañarán en la zona expositiva.

El índice de repetición de las empresas es elevado, pero en este año destaca que el 35% de las compañías acude por primera vez a esta cita. Los contactos que se establecen en la feria son fructíferos. Así, y según la encuesta de satisfacción de la pasada edición, el 68% de los expositores estableció contacto con nuevos clientes potenciales, un 53% recibió pedidos in situ y un 52% inició nuevos proyectos comerciales.

Subcontratación es la única feria del Estado de procesos y equipos para la fabricación que está dedicada a pymes, donde expositores y visitantes encuentran una oportunidad de negocio que va más allá de ofrecer un mero contacto. En este contexto se celebra el XVIII Encuentro Europeo de la Subcontratación Industrial, que está organizado por la Cámara de Comercio de Barcelona, junto a CámaraBilbao y Bilbao Exhibition Centre, con la colaboración de la Red de Bolsas de Subcontratación de España. La eficacia de estos encuentros de trabajo se traduce en que de las 1.224 citas que se forma-

lizaron en 2017, el 85,2% de los compradores afirmó estar "muy satisfecho" con las entrevistas mantenidas y un 66,7% estimó que formalizaría acuerdos comerciales con los entrevistados.

Por otro lado, en el marco de Subcontratación, este año se celebrará la segunda edición de Polveri & ecoCoating, que ofrecerá un programa de conferencias al más alto nivel tecnológico y de innovación para el sector de los tratamientos y recubrimientos superficiales. En el programa que se está cerrando en estos momentos, se tratarán temas como la bicapa, polvo sobre polvo; soportes termosensibles, antigraffitis y fotocatalíticas, además de procesos de anodizado con materiales muy reactivos o pretratamientos nanotecnológicos y nanotecnologías en pintura, entre otros.

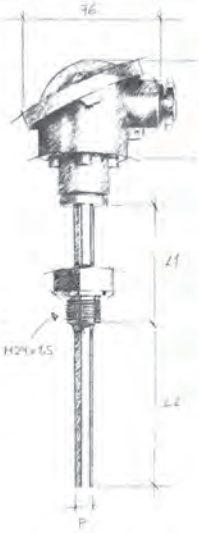
Polveri & ecoCoating combinará el apartado congresual con el expositivo, en el que participarán empresas suministradoras de maquinaria, equipos, consumibles y servicios del sector.

+ INDUSTRY, UN VALOR AÑADIDO

Tanto este congreso como la feria de Subcontratación generarán sinergias interesantes, ya que coincidirán en tiempo y en espacio en BEC con otras seis ferias industriales, formando en +INDUSTRY el mayor encuentro internacional sobre procesos de fabricación y suministros para la industria. Más de un millar de firmas proveedoras participará en este recorrido único que reúne a siete ferias internacionales: Subcontratación, sobre procesos y equipos para la fabricación; Addit3D, fabricación aditiva e impresión 3D; BeDigital, de tecnologías digitales aplicadas a la industria; Fitmaq, sobre máquina herramienta de ocasión y usada; Industry Tools by Ferroforma dirigida a los suministros y herramientas para la industria; Maintenence, networking para profesionales del mantenimiento e infraestructuras; y Pumps & Valves, soluciones a sistemas de bombas, válvulas y equipamiento para procesos industriales.

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

1979-2019
40 años de Bautermic S.A.

Se cumplen 40 años desde que la empresa Bautermic, S.A. empezó a fabricar diferentes tipos de máquinas "Lavadoras Industriales Multifunción" para el tratamiento de superficies: Lavar, desengrasar, fosfatar, limpiar, aceitar, secar…

Máquinas que se proyectan, adaptan y fabrican de acuerdo con las necesidades específicas de cada cliente, teniendo en cuenta su producción, espacio y potencia disponibles, el grado de automatización deseado, la calidad exigida y el gasto económico previsto.

Carruseles para lavar, desengrasar, pasivar, fosfatar, secar… todo tipo de piezas industriales, posicionadas sobre bandejas de carga

Este tipo de máquinas están especialmente pensadas para toda la industria en general y funcionan en continuo paso a paso, las piezas a tratar se alojan sobre palets de carga especialmente estudiados según sea el tipo de piezas que hay que tratar, éstos a su vez van montados sobre una cadena en circuito cerrado (carrusel) que pasa por el interior de un túnel equipado con

diferentes etapas para la limpieza, desengrase, lavado, enjuague… y un secado final.

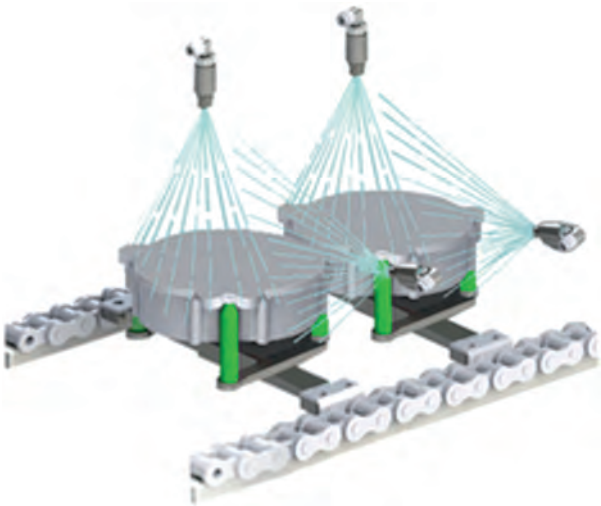
Eliminando todo tipo de impurezas y suciedades que las piezas puedan llevar acumuladas como son: virutas, polvo, grasas, aceites, pastas, óxidos, resinas, pegamentos, sales, etc.

La forma de carga y descarga puede ser robotizada y los palets ir marcados con código de barras, para ser volteados o calibrados según sea la complejidad del tipo de piezas que hay que limpiar.

Máquinas diversas para el lavado, desengrase y limpieza integral de todo tipo de piezas y componentes industriales

Que además pueden realizar otros tratamientos complementarios de: decapado, fosfatado, pasivado, aceitado…

Máquinas especialmente diseñadas con el fin de conseguir diferentes grados de limpieza, de las piezas que se vayan a tratar, bien sea: intermedia o muy fina, para aplicaciones simples o de de alta precisión, dependiendo de las exigencias de cada proceso de fabricación.



No importa que las piezas, sea cual sea su geometría, vengan muy cargadas de todo tipo de suciedades, grasas, virutas, aceites, pegamentos, óxidos, ceras, resinas.

Al final del proceso quedarán perfectamente limpias para su montaje o expedición.

Mercados para chatarra de acero y aluminio

Por Gerd Krause

Los bienes de consumo de metal son los récord mundiales de la economía del reciclaje. La refundación convierte la chatarra de acero y aluminio en materias primas secundarias de alta calidad. El reciclaje tiene un impacto positivo en el medio ambiente y conserva los recursos naturales de materias primas. El uso eficiente de recursos y energía de la chatarra en fundiciones y acerías, es un tema importante en la ingeniería de plantas metalúrgicas. Los expositores presentarán tendencias y desarrollos en METEC y GIFA, así como NEWCAST y THERMPROCESS en el centro de exposiciones en Düsseldorf del 25 al 29 de junio de 2019.

Primero el horno, luego un nuevo comienzo. Lavadoras y automóviles, bicicletas y latas de bebidas, rieles y puentes de líneas ferroviarias cerradas: al final de su vida, todas se resucitan como bienes de consumo. En este renacimiento por fuego, el acero y el aluminio están separados por tipos. Las fundiciones en las empresas de reciclaje de metales, las fábricas de acero y aluminio, y las fundiciones transforman la chatarra en una materia prima secundaria de alta calidad.

Los metales, predominantemente el acero y el aluminio son los facilitadores número uno en una economía de reciclaje ecológico, gracias a sus características de reciclaje múltiple. El período de tiempo después del cual los productos de acero y aluminio en desuso regresan al ciclo del material varía ampliamente. Una lata de bebida solo está en circulación durante unas pocas semanas, un automóvil a veces dura veinte años y más. Si bien un puente de acero aún puede cumplir su función después de cien años, más y más puentes de concreto reforzado están programados para demolición después de solo 35 años. Mientras tanto, el acero reforzado obtenido de la demolición se puede reciclar completamente.

Satisfacer el suministro de chatarra

La cadena de valor de la industria del reciclaje consiste en sistemas de recolección, empresas de desmantelamiento, distribuidores de metales y procesadores de chatarra. "La situación del suministro en los mercados de chatarra es satisfactoria", dice el Dr. Heinz-Jürgen Büchner, Director General de Industria y Automoción de IKB Deutsche Industriebank AG. Por el momento, la disputa comercial con los EE.UU. no alterará este hecho. "Incluso antes de que las tarifas punitivas sobre el acero y el aluminio se hicieran efectivas, el nivel de precios internos en el mercado del acero en los Estados Unidos, era considerablemente más bajo que el del mercado mundial y el de la UE", dice el experto de IKB en materias primas. Por lo tanto, podemos esperar que las importaciones sigan siendo rentables a pesar de un recargo del 25% del arancel de importación sobre el acero y del 10% sobre el aluminio. "Además, los procesadores estadounidenses de acero y aluminio en general han pasado los aumentos de precios al cliente final", agrega Büchner.

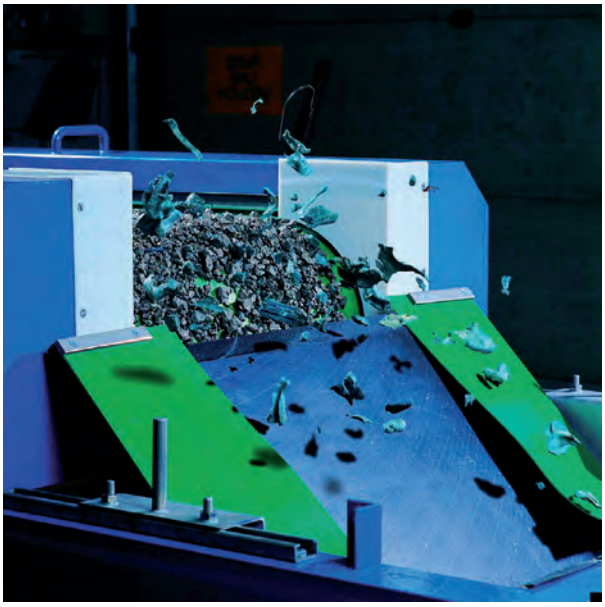
Sin embargo, Turquía, uno de los compradores más importantes de chatarra de acero estadounidense, ha pedido menos en los EE.UU. y más en Europa. "China también se dedicó a las burlas y dejó la chatarra importada en los puertos de entrada chinos durante un tiempo extremadamente largo, además de tratarlo deliberadamente lentamente", dice Büchner.

En el mercado alemán de chatarra de acero y hierro (chatarra de fe), el experto en IKB Büchner espera una cantidad de chatarra antigua y de demolición habitual para esta época del año. "Recientemente, la cantidad de chatarra nueva fue ligeramente menor debido a las interrupciones en la producción en varios fabricantes de automóviles, así como a sus proveedores, causados por la transición a nuevos ciclos de prueba. Sin embargo, el suministro a los fabricantes y fundiciones de acero europeos sigue siendo seguro ", dice el experto en materias primas de IKB.

Chatarra de acero: este campeón mundial de reciclaje tiene muchos puntos fuertes

Cada objeto de acero es también un producto de reciclaje. En cada automóvil, podemos encontrar acero que era una lavadora, una bicicleta o una lata de bebida en una vida anterior. El acero se puede reciclar una y otra vez sin pérdida de calidad y es el material más reciclado del mundo. En casi todos los países, hay acerías que devuelven productos de acero desechados al proceso de producción. "Sin chatarra, no hay acero. La chatarra es una materia prima secundaria indispensable para la producción de aceros altamente innovadores", dice Andreas Schwenter, presidente de BDSV (Asociación Federal de Empresas Alemanas de Reciclaje y Eliminación de Acero). Alrededor de 600 millones de toneladas de chatarra se utilizaron en todo el mundo para la producción de acero bruto en 2017. "En todo el mundo, ninguna otra materia prima secundaria se utiliza en cantidades comparables, la tendencia está en aumento", afirma Schwenter.

Particularmente, la mezcla de la fabricación de acero con oxígeno y la fabricación de acero eléctrico es decisiva para la demanda de chatarra en la industria del acero. En la fabricación de acero oxigenado, el acero crudo se fabrica clásicamente a partir de mineral y carbón bituminoso, con un promedio de alrededor de 200 kg de chatarra por tonelada de acero crudo, que se utiliza principalmente como chatarra para enfriar. En los hornos de arco eléctrico, por otro lado, el acero está hecho completamente de chatarra o hierro de reducción directa (hierro esponja, DRI o HBI). Este proceso utiliza un total de al menos 1,2 toneladas de chatarra por tonelada de acero bruto. Según IKB, las estimaciones iniciales sugieren que alrededor del 70% del acero en todo el mundo se produjo utilizando la ruta de alto horno (oxígeno) en 2017. Sin embargo, existen diferencias regionales considerables: si bien la proporción de acero al oxígeno en la UE es del 60%, Sólo alrededor del 34% en el TLCAN y Turquía, respectivamente. "En contraste, la proporción de acero al oxígeno en China ha aumentado a aprox. 90%", explica Büchner.



Clasificación de chatarra de aluminio (fuente: International Aluminium Institute IAI).

A medio plazo, se espera que la proporción de acero eléctrico se recupere, como observa Büchner. China, por ejemplo, actualmente está convirtiendo cuatro trabajos de acero al oxígeno en el proceso de fabricación de acero eléctrico, y hay otros trabajos que seguir. La razón por la cual Büchner afirma esto es que el país ahora tiene una cantidad considerable de chatarra, que se estima que aumentará hasta 300 millones de toneladas para 2030. "Además, también se espera que la demanda de las fundiciones aumente", agrega Büchner.

En Alemania, la chatarra de acero se recolecta casi por completo y luego se recicla en todo el país. Esta historia interminable de reciclado múltiple, por ejemplo, convierte una tonelada de acero en cuatro toneladas de nuevos productos de acero después de 6 ciclos de reciclaje. Solo la industria siderúrgica alemana utiliza más de 20 millones de toneladas de chatarra de acero y hierro al año para fabricar nuevos productos. Las acerías eléctricas son prácticamente perfectas empresas de reciclaje. En comparación con la ruta del alto horno, la fabricación de acero eléctrico es más eficiente con respecto a la energía, pero es económicamente más costosa. Por lo tanto, los hornos eléctricos se utilizan principalmente para producir acero inoxidable hecho de varios tipos de chatarra de acero. Según BMWi, una tonelada de acero hecho de mineral de hierro requiere alrededor de 20 gigajoules (5,600 kWh) de energía. Una fábrica de acero eléctrico requiere aproximadamente 450 kWh para producir una tonelada de acero líquido.

Las grandes empresas de reciclaje de metales como TSR (Remondis Group), cierran el ciclo desde los procesadores de chatarra hasta los reutilizadores, para obtener más y más materiales. Los procesos de reciclaje se optimizan continuamente y se introducen nuevos procesos. TSR, por ejemplo, desarrolla soluciones para metales específicos como el aluminio con adhesiones o composiciones metálicas, para las cuales el reciclaje hasta el momento no ha sido económico ni técnicamente viable.

Las principales empresas de reciclaje de chatarra de acero son empresas de tecnología innovadora con laboratorios y dispositivos analíticos, prensas y trituradoras, cizallas especiales para chatarra, trituradoras de astillas, así como plantas de fabricación de briquetas, arenado y clasificación. Las partes interesadas pueden visitar este sector innovador, por ejemplo, la empresa de reciclaje Cronimet, ubicada en Karlsruhe, Alemania, la compañía se especializa en aceros inoxidables. Aquí, todos los tipos y aleaciones de chatarra de acero inoxidable se procesan para obtener materias primas puras secundarias de la mejor calidad y clasificación para los clientes de acerías y fundiciones. Incluso los lodos metálicos y el lodo de perforación pueden ser reciclados. Con una planta de destilación al vacío en Bitterfeld-Wolfen, los expertos en Karlsruhe ejecutan la primera planta a nivel mundial para el procesamiento de lodos y lodos aceitosos y metalíferos. Con una capacidad de 20,000 toneladas por año, las emulsiones de molienda, los aceites y otras sustancias se separan de los materiales sólidos, como los metales.

Incluso los polvos más finos, como los generados en la producción de acero, no pertenecen al basurero. DK Recycling und Roheisen GmbH, ubicada en Duisburg, Alemania, es el mayor reciclador de residuos ferrosos del mundo en la industria del acero. En lugar de llevar los residuos de los sistemas de filtro, por ejemplo, al volcado, se procesan en Duisburg. Esta compañía que, según DK, es única en todo el mundo, logra convertir lo que básicamente es desperdicio en arrabio especial a un alto nivel de rentabilidad y sostenibilidad.

Chatarra de aluminio: Reciclaje con la menor entrada de energía

El aluminio también puede ser prácticamente reciclado sin cesar. La tasa de reciclaje de aluminio sin pérdida de calidad en las áreas de uso más importantes se encuentra entre el 95 y el 100 por ciento. Un conductor para el aluminio es una construcción liviana, especialmente para piezas fundidas en la industria automotriz. "Si bien la producción mundial de materiales de hierro fundido ha aumentado en apenas un 50% desde 1999, la producción de fundición de aluminio ha aumentado en un factor de más de dos años y medio", explica el analista de IKB Büchner. Desde 2016, la producción global de fundición de aluminio ha alcanzado un nuevo récord de producción de poco menos de 18 millones de toneladas, con una tendencia creciente. Según Büchner, el sector del hierro fundido se beneficiará de parte del crecimiento esperado causado por el mayor uso de aluminio en la fabricación de automóviles.

A largo plazo, la demanda de aluminio aumentará. Actualmente, sin embargo, el aumento de nuevas capacidades para el aluminio primario es bastante pequeño. Por esta razón, el experto Büchner asume que solo habrá una ligera expansión de las oportunidades de producción en los próximos cinco años. Sin embargo, es necesario un crecimiento adicional en el reciclaje de la producción de aluminio. "Esto indica una mayor demanda de chatarra de aluminio", concluye Büchner.

Según estimaciones del Instituto Internacional de Aluminio (IAI), en 2016 se acumularon alrededor de 17 millones de toneladas de chatarra de aluminio en todo el mundo. Este número aumentará a alrededor de 21 millones de toneladas en 2020, según el IAI. Esto corresponde a una participación de más de un tercio de la producción global actual de aluminio primario. Hoy, alrededor del 20 por ciento de nuestra demanda mundial de aluminio está cubierta por chatarra vieja. Además de chatarra vieja, también se genera chatarra nueva. Algunos ejemplos son el corte de chatarra en la producción de productos semiacabados, coladas de fundiciones de

fundición y chips del procesamiento mecánico de productos semiacabados y productos.

El aluminio reciclado se produce en forma de fundición y aleaciones forjadas. Con respecto a la calidad, casi no hay diferencia entre las aleaciones hechas de metal primario y las de aluminio reciclado.

Para el ciclo de aluminio de materiales reutilizables, el suministro de chatarra es el cuello de botella. Los productos de aluminio pueden durar mucho tiempo. Las ventanas de aluminio, por ejemplo, pueden alcanzar una vida útil de a veces mucho más de 50 años. Alrededor del 75 por ciento de todo el aluminio que se haya producido todavía está en uso hoy en día. Parte de esto ya ha pasado por varios procesos de reciclaje, según el fabricante de aluminio Hydro.

Con una producción de alrededor de 700.000 toneladas, la industria alemana de reciclaje de aluminio es uno de los líderes en Europa. En Alemania, la producción de aluminio fabricado con productos usados ha superado con creces la producción con aluminio primario. La tasa de reciclaje ha alcanzado alrededor del 95 por ciento, tanto en el campo de la automoción como en el sector de la construcción, y más del 80 por ciento en envases. En toda Europa, cerca del 95 por ciento de la chatarra de aluminio también se recicla de los vehículos.

En consecuencia, la industria del reciclaje desempeña un papel importante en el ciclo de vida del aluminio. La cantidad de metal reciclado está aumentando y las plantas de nueva fusión tienen procesos nuevos y mejorados para reducir las emisiones causadas por la fusión de la chatarra de aluminio. Empresas de aluminio como Hydro continúan invirtiendo en la expansión de las capacidades de reciclaje. Para ello, instalan tecnología de planta de última generación.

Con respecto a la energía, la fabricación de aluminio que utiliza aluminio secundario es difícil de superar: solo se necesita un 5 por ciento de la cantidad inicial de energía utilizada para fabricar aluminio a partir de material reciclado. En contraste, la producción de aluminio primario con bauxita / mineral de aluminio es extremadamente intensiva en energía. En Alemania, la producción de una tonelada de aluminio primario requiere menos de 15 MWh de electricidad. En otros países, el consumo de energía requerido puede ser considerablemente mayor. La mayor parte del aluminio producido en Alemania está hecho de aluminio secundario.

Coyuntura del metal

Por Confemetal

Actividad Productiva

La producción industrial de Metal, medida con el Índice de Producción del Metal (IPIMET) corregido de efecto calendario, anota en el mes de enero un incremento del 2,6% respecto al mismo mes del año anterior, tras el descenso del 6,5% registrado en el mes anterior; en la serie original aumentó un 1,1% en enero, cuatro puntos porcentuales más que el registrado en diciembre. En el acumulado en el año, se registra un aumento del 2,6% en la serie corregida de calendario (3,1% en 2018), y un 1,1% en la serie original (7,7% en 2018). Por ramas de actividad, en el mes de enero cabe anotar en la serie corregida de efecto calendario un aumento en todos los segmentos, menos en la metalurgia, fabricación de productos de hierro, de acero y ferroaleaciones, y en la fabricación de vehículos a motor, que registra por quinto mes consecutivo una tasa negativa.

El Índice de Cifra de Negocios de la Industria del Metal (ICNMET) corregido de efecto calendario, que mide la evolución de la demanda actual y la facturación, au-

INDICADORES DE ACTIVIDAD DE LA INDUSTRIA DEL METAL
Tasas de Variación. Índices Base 2015=100

% SOBRE MISMO PERÍODO DEL AÑO ANTERIOR	% variación - Índices de Producción			% variación - Índices de Cifra de Negocios			% variación - Índices de Entrada de Pedidos		
	ene-19	dic-18	ENE-ENE 19	ene-19	dic-18	ENE-ENE 19	ene-19	dic-18	ENE-ENE 19
24. Metalurgia, fab. productos acero, acero y ferroaleaciones	-1,8	-8,9	-1,8	-2,1	-11,4	-2,1	-4,8	-10,5	-4,8
25. Fab. prod.metálicos exepto maquinaria y equipo	2,5	-5,1	2,5	6,6	-3,1	6,6	-0,4	7,6	-0,4
26. Fab. prod. informáticos, electrónicos y ópticos	15,7	-1,8	15,7	10,1	-16,3	10,1	9,8	-28,5	9,8
27. Fabricación de material y equipo eléctrico	-2,9	-2,1	-2,9	9,6	2,9	9,6	7,1	0,4	7,1
28. Fab. de maquinaria y equipo n.c.o.p. (*)	7,1	-7,3	7,1	-1,1	-9,2	-1,1	9,7	-12,1	9,7
29. Fab. vehículos de motor, remolques y semirremolques	-0,2	-14,0	-0,2	-6,7	-11,9	-6,7	-3,8	-18,0	-3,8
30. Fabricación de otro material de transporte	9,6	4,1	9,6	11,3	-15,4	11,3	-67,7	80,0	-67,7
33. Reparación e instalación de maquinaria y equipo	4,6	-4,2	4,6	11,1	19,2	11,1	25,9	15,9	25,9
Industria del Metal	**2,6**	**-6,5**	**2,6**	**2,0**	**-6,3**	**2,0**	**-5,2**	**5,2**	**-5,2**

(*) n.c.o.p.= no clasificado en otra parte. - Fuentes: INE y Confemetal

mentó en enero un 2% (provisional), tras la tasa de variación del -6,3% de diciembre. En el acumulado del año, se anota una tasa de variación positiva del 2% (7% en 2018). La evolución de la cifra de negocios, según las ramas de actividad del Metal en el mes de enero, ha sido muy dispar, anotándose notables incrementos en la fabricación de otro material de transporte, la reparación e instalación de maquinaria y equipos, y en la fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.

El Índice de Entrada de Pedidos de la Industria del Metal (IEPMET) corregido de efecto calendario, que mide la evolución de la demanda futura, experimentó un decremento en enero del 5,2% (provisional), tras el incremento del 5,2% registrado en diciembre, acumulando en lo que va de año, un incremento del 5,2% (13,1% en 2018). La evolución de la entrada de pedidos en el mes de enero ha sido diversa; destaca la tasa positiva en la rama de reparación e instalación de maquinaria y equipos, y en sentido negativo, la fabricación de otro material de transporte.

Comercio Exterior

Las exportaciones del Sector del Metal en enero aumentaron un 1,5% en comparación al mismo mes del año anterior, frente al incremento registrado en diciembre, un 2,2%. En el acumulado del año 2018, se incrementan un 1,5%, en comparación al mismo periodo del año anterior. Por su parte, las importaciones del Metal aumentaron en enero un 7,4%, frente al 1,2% de diciembre, con lo que en año acumulado del año se registra el citado 7,4%, frente al 5,2% del año anterior. La diferencia de exportaciones e importaciones da como resultado un saldo comercial negativo de -1.631 millones, acumulando en el año del año el mismo importe (-1.001 en 2018).

Por tipos de bienes y para el periodo de enero, las exportaciones de metales comunes y sus manufacturas bajan un 1,4%, las de maquinaria, aparatos y material eléctrico suben un 4,1%, las de material de transporte un 1,2% y las de instrumentos mecánicos de precisión bajan un 2,7%. Asimismo, las importaciones de metales comunes y sus manufacturas suben un 2,4%, las de maquinaria, aparatos y material eléctrico, un 7,6%, las de material de transporte, un 9,7%, y las de instrumentos mecánicos de precisión, un 8,3%.

Mercado Laboral

El número de afiliados a la Seguridad Social en la In-

EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS MEDIOS (1) - PRODUCTOS SIDERÚRGICOS
(Índice Base Octubre 2003 = 100)

AÑO 2018-2019	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
- Perfiles estructurales (HEB)	156	152	159	153	153	150
- Perfiles comerciales (angulares)	158	158	150	146	156	156
- Corrugado	162	160	152	151	155	149
- Chapa laminado frío	164	164	161	158	153	153
- Chapa laminado caliente	183	189	180	178	171	171
- Chapa galvanizada	164	167	161	159	153	153
- Tubos decapados	141	147	144	141	139	136

(1) Estos datos deben tomarse como un índice de tendencia, en ningún caso como referencia firme de precios. Fuente: UAHE

ÍNDICE DEL PRECIO PARA EL ACERO CORRUGADO

Índice Base enero 2014 = 100	OCT-18	NOV-18	DIC-18	ENE-19	FEB-19	MAR-19
INDICE	107,75	106,99	108,72	107,35	106,54	109,13
% var. con respecto al mes anterior	-1,36%	-0,71%	1,62%	-1,26%	-0,75%	2,43%
% variación con respecto al mismo mes del año anterior	5,34%	4,05%	4,02%	-2,94%	-4,05%	-0,84%

Fuente: Cámara de Comercio de España

dustria del Metal alcanzó en el mes de febrero de 2019 la cifra de 773.821 personas, lo que supone 5.482 personas más con respecto al mes anterior y 11.207 más que en el mismo mes del año anterior. En términos relativos, se anota un incremento del 1,5% interanual, tres décimas menos que el registrado en enero. Se alcanza así un promedio anual de 771.080 afiliados, un 1,6% superior al crecimiento registrado en el mismo periodo del año anterior.

Según la EPA, el número de ocupados en la Industria del Metal (divisiones CNAE 2009 del 24 al 30 y el 33) alcanzó la cifra de 1.002.400 en el cuarto trimestre de 2018, lo que supone un decremento del 0,6% respecto al mismo trimestre del año anterior y 6.000 empleos menos que un año antes, y 25.200 empleos menos que en el trimestre anterior.

El número de parados EPA en la Industria del Metal en el cuarto trimestre de 2018 alcanzó la cifra de 52.700 personas, lo que supone un aumento del 9,3% en comparación al mismo trimestre del año anterior, alcanzándose en la media de año 2018 un total de 49.800 personas desempleadas de media en toda la Industria del Metal, lo que supone un aumento del 7,3% con respecto al año anterior. La población activa se mantiene por encima del millón de personas (1.055.100), un 0,1% menos que en el mismo trimestre del año anterior. La tasa de paro aumenta hasta el 5% de la población activa, desde el 4,5% del trimestre anterior.

Evolución del Mercado de Productos de Acero

Productos Siderúrgicos Largos

La información facilitada por la Unión de Almacenistas de Hierros de España (UAHE) se refiere a la evolución de los precios medios de diversos productos siderúrgicos, referidos a un índice base=100. Este índice se calcula en base a los datos obtenidos en los diez primeros días de cada mes. El índice toma como referencia el precio del producto en el mes de octubre de 2003 al que se le da valor 100.

Precios de Acero Corrugado

La Cámara de Comercio de España elabora mensualmente el Índice de Precios para el Acero Corrugado en España. En la elaboración de este índice colaboran las empresas del sector, tanto productores de la materia prima, como demandantes. El Índice Cámaras del Precio para el Acero Corrugado de marzo de 2019 fue 109,13 puntos, lo que supone una variación del 2,43% respecto al dato de febrero de 2019 (-0,75%). Con respecto al mismo mes del año anterior, el Índice de Precios ha bajado un -0,84%.

Efecto de los tratamientos térmicos en aleaciones de Ti y Al por fabricación aditiva para aplicaciones aeroespaciales (y Parte II)

Por M. Herrera-García[a], C. Galleguillos[a], A. Periñán[a], J. Martin[b], C. Navarro[c], J. Domínguez[c] y F. Lasagni[a]

4. DISCUSIÓN

4.1. Titanio 6Al-4V

En la Figura 7 se presenta una comparativa de las propiedades mecánicas obtenidas de la aleación en las distintas condiciones de fabricación.

La disminución en las características mecánicas (Rp0.2 y RM) tras la aplicación de los tratamientos térmicos se debe principalmente a los cambios microestructurales observados en el material.

La estructura acicular martensítica (α´) fina presente en la condición ST (Figura 1a), es la responsable de los altos valores de resistencia mecánica del material.

Probeta / Tratamiento Térmico			R_M [MPa]	$Rp_{0.2}$ [MPa]	A [%]
AlSi10Mg	AlSi:ST	Media	**426,0**	**263,8**	**3,9**
		Desviación estándar	5,1	4,6	0,3
	AlSi:AT	Media	**232,2**	**138,6**	**18,2**
		Desviación estándar	6,2	0,9	1,7
	AlSi:T6	Media	**216,2**	**153,0**	**13,5**
		Desviación estándar	14,1	17,8	2,7
Scalmalloy® AlSc:AT+M		Media	**473,0**	**460,0**	**6,5**
		Desviación estándar	8,87	3,91	2,45

Tabla 5. Resultados del ensayo de tracción de probetas de AlSi10Mg fabricadas por SLM con espesor de capa 25 µm, y de Scalmalloy® con espesor de 40 µm; y con diferentes tratamientos térmicos.

La formación de la misma se explica como consecuencia de la elevada velocidad de solidificación experimentada tras la fusión del material base (polvo de Titanio).

Durante el recocido y aliviado de tensiones (Ti:R+AT+HIP a 730 °C, y por debajo de la temperatura β-transus ≈955 °C) esta estructura migra a otra caracterizada por un ligero engrosamiento de las columnas α´(Figura 1b); que no llega a provocar una disminución importante de la resistencia (solo un -2 y -6% respecto de la condición inicial para el $Rp_{0.2}$ y R_M, respectivamente).

Por otro lado se aprecia un notable incremento de la ductilidad aproximadamente 2,7 veces superior. La aplicación del tratamiento de HIP acentúa el comportamiento anterior debido a la formación de una estructura α + β, siendo esta última la principal responsable en la variación de las características mecánicas y ductilidad.

De esta manera la tensión de fluencia cae en -15,5%, similar a la disminución de la resistencia a rotura en -12,0%. La mayor ductilidad de la fase β produce un

[a] CATEC, Center for Advanced Aerospace Technologies. La Rinconada (Sevilla), España.
[b] Airbus Defence and Space S.A.U.Madrid, España.
[c] Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación, Universidad de Sevilla, E.T.S.I. Sevilla, España.

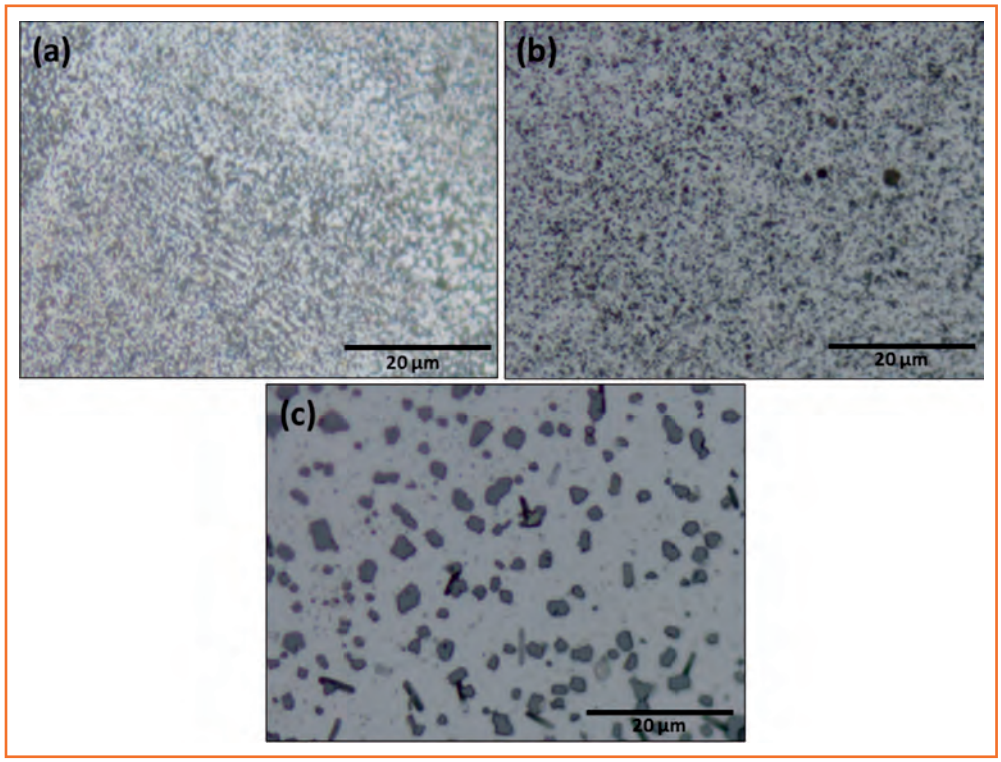


Figura 4. Microestructuras obtenidas mediante microscopía óptica para muestras de AlSi10Mg fabricadas por SLM: (a) AlSi:ST; (b) AlSi:AT; y (c) AlSi:T6. Imágenes correspondientes al plano XY de fabricación.

notable aumento de la ductilidad final de la aleación en 2,9 veces respecto de la condición inicial (Ti:ST).

Es de destacar una disminución en la dispersión de los resultados tras ambos tratamientos térmicos con respecto a la condición inicial, apreciándose un desviación estándar de entre 15,6-17 MPa para la tensión Rp0,2 y RM a solo 3,2-6,0% en las condiciones Ti:R+AT y Ti:R+AT+HIP.

Finalmente, se ha comprobado el efecto del HIP en la mejora del nivel de densificación de las muestras. El contenido de porosidad se ve reducido desde valores en torno al 0,2-0,5% (con una desviación estándar de ±0,14%) para probetas sin tratamiento térmico (Ti:ST), hasta valores por debajo del 0,1% (±0,02%).

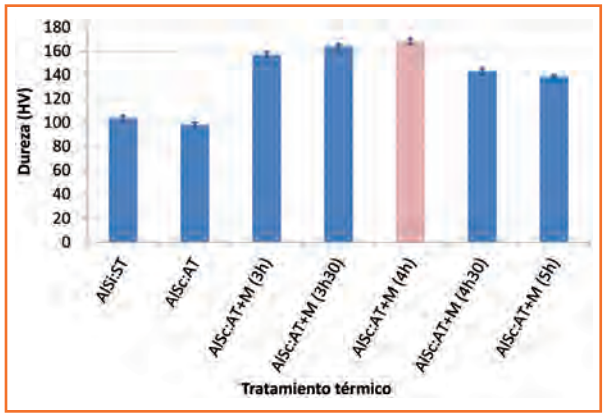


Figura 5. Curva de dureza para diferentes tratamientos térmicos (AlSc:AT; AlSc:AT+M con diferentes tiempos de envejecimiento) de probetas de Scalmalloy® fabricadas por SLM con espesor de capa 40 µm.

Este efecto no es apreciable en la variación de las propiedades estáticas de la aleación, ya que en contenido de porosidad registrado en la condición ST es suficientemente bajo para asegurar el buen comportamiento del material.

Por otro lado, se espera un aumento de la resistencia a fatiga por el cierre de la porosidad (Kasperovicha, 2015).

4.2. Aleaciones de Aluminio Si-10Mg y Scalmalloy®

La Figura 7 recoge la comparativa de propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio para las diferentes condiciones de fabricación y tratamientos térmicos aplicados.

Los ensayos de tracción de las probetas de AlSi10Mg confirman la disminución de la resistencia mecánica de esta aleación, procesada mediante SLM (AlSi:ST), cuando se aplican los tratamientos térmicos de aliviado de tensiones (AlSi:AT) y tratamiento por solución y madura-

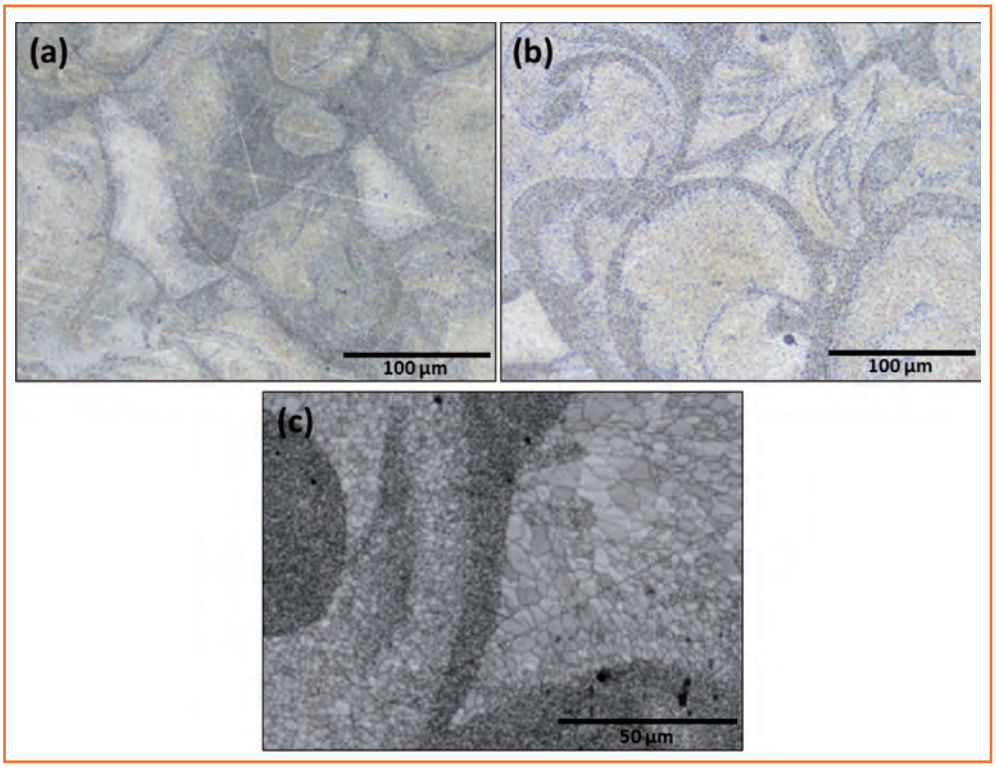


Figura 6. Microestructuras de muestras de Scalmalloy fabricadas por SLM: (a) AlSc:ST; y (b) y (c) AlSc:AT+M (325°C-4h). Imágenes correspondientes al plano XY de fabricación, obtenidas mediante microscopía óptica –(a) y (b)–, y SEM –(c).

ción (AlSi:T6). En ambos casos, la resistencia máxima a tracción disminuye hasta aproximadamente el 50% del alcanzado en las probetas en condiciones ST (Figura 7).

La tensión de fluencia también experimenta una caída entre el 40 y 50% al someter la aleación a ambos tratamientos térmicos (AlSi:AT y AlSi:T6), respectivamente.

No obstante, la ductilidad mejora de forma notable tras el aliviado de tensiones (AlSi:AT), alcanzando valores 5 veces superior al obtenido para el AlSi:ST; y aumentando en 3,5 veces tras el tratamiento de solución y maduración (AlSi:T6).

Los cambios microestructurales producidos en la aleación justifican los resultados anteriores. Tras el aliviado de tensiones (AlSi:AT) se registra un leve crecimiento del grano, así como la iniciación del proceso de esferoidización de la fase eutéctica.

Dicho cambio microestructural explica la caída de la resistencia del material y, por consiguiente, el aumento de su ductilidad.

El cambio en la microestructura es mucho más notable cuando se aplica el tratamiento de solución y madura-

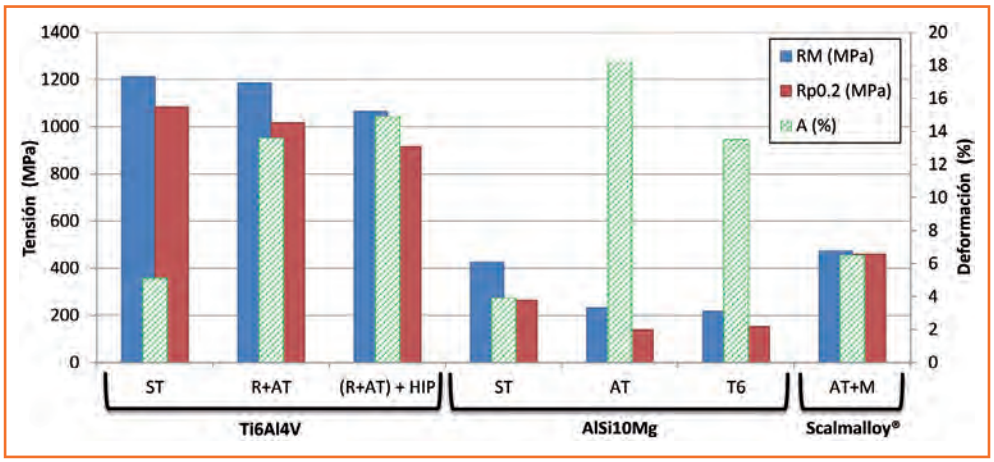


Figura 7. Propiedades mecánicas de las aleaciones de Ti6Al4V, AlSi10Mg y Scalmalloy® obtenidas por SLM, para diferentes condiciones de fabricación. (Designación de los diferentes tratamientos térmicos aplicados en la Tabla 3).

ción, AlSi:T6 (Figura 4c). Por un lado, incrementa la esferoidización del Si presente en la fase eutéctica a expensas de una notoria disminución del número de partículas.

El Si aparece inicialmente en forma de láminas en la condición ST, y esferoidizan durante el tratamiento por solución (Lasagni et al., 2006; Lasagni, 2008). Al mismo tiempo, la aleación recristaliza y aumenta notablemente el tamaño de grano, hecho responsable de la disminución de las características mecánicas y aumento de la ductilidad.

Durante la maduración se desarrolla el crecimiento de precipitados de Mg2Si (no detectables por microscopía óptica o SEM), que endurecen el material tras el tratamiento por solución, efecto que no logra contrarrestar la disminución de las propiedades mecánicas producidas por el crecimiento del grano, pero que mantienen los valores de Rp0,2 y RM a niveles similares de la condición AlSi:AT, a pesar que en esta última el tamaño de grano es mucho menor.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, así como los encontrados en la bibliografía (Trevisan et al., 2017), el uso de los tratamientos térmicos convencionales en metalurgia no permiten alcanzar los mismos resultados en el caso de la fabricación aditiva, consecuencia de la diferente microestructura de partida.

La fabricación de AlSi10Mg mediante SLM requiere, por consiguiente, el diseño de tratamientos térmicos específicos para esta tecnología.

En el caso del Scalmalloy, la dureza del material aumenta entre el 40 y 70% tras aplicar el tratamiento AlSc:AT+M, respecto a la obtenida con tan sólo un aliviado de tensiones (AlSc:AT).

El endurecimiento máximo se alcanza aplicando 325 ºC durante un tiempo de mantenimiento de 4 horas (AlSc: AT+M(4h)@168 HV). El responsable de este endurecimiento son las fases de Al3Sc(+Zr) precipitadas (Eric et al., 2016).

Tras este tiempo se produce un efecto de sobremaduración, disminuyendo la dureza del material. Finalmente, con la aplicación de un tratamiento de aliviado+maduración durante 4 horas, se ha obtenido una mayor resistencia a tracción (más del 10% superior a la máxima obtenida para el AlSi10Mg, en condiciones ST), junto a una tensión a fluencia casi dos veces mayor que la máxima obtenida para el AlSi:ST (Figura 7).

El grado de deformación alcanzado por el Scalmalloy es también superior al obtenido para el AlSi:ST (casi un 50% superior para el Scalmalloy®), aunque un 50 y 65% inferior a los máximos registrados en AlSi10Mg en la condición AlSi:AT y AlSi:T6, respectivamente).

Estas diferencias se deben, obviamente, a los elementos de aleación presentes en el Scalmalloy®, donde el Escandio actúa como sitio de nucleación de los granos desarrollados en la aleación (Norman et al., 1998).

Tal y como se muestra en la Figura 6, la microestructura del Scalmalloy sin tratamiento (ST) y con tratamiento (AlSc:AT+M) no presentan prácticamente diferencias.

En las micrografías a mayor magnificación obtenidas mediante SEM (Figura 6c), se observa un crecimiento de grano en zonas localizadas, lo cual es debido a efectos de recristalización por aumento de la temperatura tras las pasadas del láser en las zonas colindantes durante el proceso de fabricación por SLM.

Finalmente, es de destacar que los resultados de Scalmalloy corresponden a probetas fabricadas con un mayor espesor de capa respecto al AlSi10Mg (40 µm vs. 25 µm).

Esto se traduce en una mayor velocidad de fabricación y productividad (bajando costes de fabricación), ya que se reduce el número de capas necesarias para producir un elemento en un 37,5%, y consiguiendo, de igual forma, una resistencia mecánica superior al AlSi10Mg.

5. CONCLUSIONES

La microestructura acicular (martensítica) obtenida para los elementos de Ti6Al4V fabricados mediante SLM se caracteriza por su limitada ductilidad. La aplicación de tratamientos térmicos posteriores a la fabricación ha permitido aumentar la ductilidad del Ti6Al4V.

La aplicación de un tratamiento convencional de aliviado de tensiones y recocido a 730 ºC durante 2 horas, permite asegurar la fabricabilidad de componentes con diversas geometrías, evitando deformaciones durante el proceso de extracción del sustrato de fabricación, y sin verse prácticamente afectadas las propiedades mecánicas del material.

Asimismo, la posterior aplicación del tratamiento de compresión isostática en caliente (HIP), a 920 ºC durante 2 horas, permite cerrar la porosidad de las muestras, resultando microestructuras finas con una excelente com-

binación de resistencia y ductilidad (RM: 1.065 MPa; A%: 15%).

No obstante, el control de dicho tratamiento térmico es de vital importancia (condiciones de atmósfera y disposición de las muestras en el horno de tratamiento), para evitar cualquier posible defecto consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas en dicho tratamiento (>900 °C).

En el caso de la aleación AlSi10Mg, se ha comprobado que su fabricación mediante SLM requiere la aplicación de tratamientos térmicos específicos para dicha tecnología.

Por ejemplo, para trabajos futuros, se plantea la posibilidad de probar el tratamiento de aliviado de tensiones con una temperatura inferior a 300 °C, como en el trabajo de A. Mertens (250 °C-2h; Mertens et al., 2015).

La fabricación por SLM de Scalmalloy®, con el tratamiento térmico de aliviado y maduración a 325°C durante 4 horas, ofrece una mejor combinación de propiedades de resistencia a tracción y tensión de fluencia respecto al AlSi10Mg.

No obstante, la reducción del espesor de capa de fabricación del Scalmalloy hasta valores similares a los utilizados para el AlSi10Mg (25 µm), podría mejorar aún más sus propiedades mecánicas, a expensas de una menor productividad (en horas de máquina).

Asimismo, en el caso de especificaciones que requieran una mayor ductilidad del material, quedaría la posibilidad de probar tratamientos con tiempos mayores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA) por la financiación del proyecto FitALM (Industrialisation and development of Fittings manufacturing under ALM technology), en el marco del cual se han realizado parte de los resultados presentados en este trabajo.

REFERENCIAS

M. Aliakbari., 2012. Additive Manufacturing: State-of-the-Art, Capabilities, and Sample Applications with Cost Analysis. Master of Science Thesis, Production Engineering and Management, Department of Industrial Production, KTH.

S. Biamino, A. Penna., 2011. Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: Microstructure and mechanical properties investigation. Intermetallics 19, 776-781. https://doi.org/10.1016/j.intermet.2010.11.017.

M. Thöne, S. Leuders, A. Riemer, T. Tröster, 2012. Influence of heat-treatment on selective laser melting products, e.g. Ti6Al4V. Solid Freeform Fabrication Symposium, 492–498.

B. Vrancken, L. Thijs, J.-P. Kruth, J. Van Humbeeck, 2012. Heat treatment of Ti6Al4V produced by Selective Laser Melting: Microstructure and mechanical.

Properties. J. Alloys Compd., vol. 541, 177–185. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.07.022.

L. E. Murr, S. A. Quinones, S. M. Gaytan, M. I. Lopez, A. Rodela, E. Y. Martinez, D. H. Hernandez, E. Martinez, F. Medina, R. B. Wicker, 2009. Microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V produced by rapid-layer manufacturing for biomedical applications. J.of Mech. Behav. Biomed. Mater., vol. 2, no. 1, 20–32. https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2008.05.004.

K. Zhang, J. Mei, N. Wain, X. Wu, 2010. Effect of Hot-Isostatic-Pressing Parameters on the Microstructure and Properties of Powder Ti-6Al-4V Hot-Isostatically - Pressed Samples. Metall. Mater. Trans. A, vol. 41, no. 4, 1033–1045. https://doi.org/10.1007/s11661-009-0149-y.

G. Kasperovicha, J. HausmannbaInstitute, 2015. Improvement of fatigue resistance and ductility of TiAl6V4 processed by selective laser melting. Journal of Materials Processing Technology, 220, 202–214. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.01.025.

F. Trevisan, F. Calignano, M. Lorusso, J. Pakkanen, A. Aversa, E. P. Ambrosio, M. Lombardi, P. Fino, D. Manfredi, 2017. Review: On the Selective Laser Melting (SLM) of the AlSi10Mg Alloy: Process, Microstructure, and Mechanical Properties. Materials 2017, 10, 76; 1-23. doi:10.3390/ma10010076.

Mertens, A.; Dedry, O.; Reuter, D.; Rigo, O.; Lecomte-Beckers, J., 2015. Thermal Treatments of AlSi10Mg Processed By Laser Beam Melting. Proceedings of the 26th International Solid Freeform Fabrication Symposium, Dayton, OH, USA; 1007–1016.

Lasagni, F., Degischer, H.P., Papakyriacou, M, 2006. Influence of solution treatment, Sr-modification and short fibre reinforcement on the eutectic morphology of Al-Si alloys. Journal of Practical Metallography 43, 6, 271-285.

Lasagni, F, 2008. The role of Si on the microstructure of Al casting alloys and short fibre composites. Shaker Verlag GmbH, Aachen, Germany, ISBN 978-3-8322-6833-6, 148 pages.

Lasagni, F., Lasagni, A., Holzapfel, C., Engstler, M., Mücklich, F., 2010. 3D Microstructural Study of AlSi8Mg5 Alloy by FIB-Tomography, Practical Metallography, 47, 9, 487-497.

Norman, A.F, Prangnell, R.S, McEwen, R.S, 1998. The solidification behaviour of dilute aluminium-scandium alloys. Acta Materialia. Vol. 46, No. 16, 5715-5732. https://doi.org/10.1016/S1359-6454(98)00257-2.

Eric A.J, Zhendong S, Liang W, Lin L, Jeroen R, Andreas W, Dierk R, 2016. Precipitation Reactions in Age-Hardenable Alloys During Laser Additive Manufacturing. JOM, Vol. 68, No. 3, 943-949. DOI: 10.1007/s11837-015-1764-2.

Global Industrie 2019

¡La industria tiene ya su feria de referencia! La segunda edición de Global Industrie, verdadero foro para la renovación industrial europea y cita empresarial indispensable para el sector, tuvo lugar en Eurexpo Lyon (Chassieu) y congregó a 45.861 visitantes.

Grandes, medianas y pequeñas empresas, socios industriales, start-ups, pero también autoridades públicas, organizaciones profesionales, inversores y estudiantes... todo el ecosistema de la industria estuvo presente para idear y moldear la industria del futuro.

ASISTENCIA RÉCORD

Del 5 al 8 de marzo de 2019, Eurexpo Lyon acogió por primera vez la feria Global Industrie, un gran encuentro industrial con 2.500 expositores repartidos en 110.000 m² de superficie de exposición.

Gracias a una asistencia récord de 45.861 visitantes, es decir, +12 % con respecto a la edición de 2018 en París, Global Industrie ha superado sus objetivos de asistencia anunciados.

Con más del 9% de visitantes internacionales y más de 90 países representados, la feria también confirma su dimensión internacional. "La edición de Lyon ha superado todas nuestras esperanzas y consolida el éxito de la primera edición del año pasado en París", se congratula Sébastien Gillet, director del evento. "Los franceses están orgullosos de su industria con razón. Todos los actores del sector (expositores, visitantes, políticos, grandes industriales, responsables de organizaciones profesionales, etc.) han demostrado una vez más todo el dinamismo y saber hacer innovador que demuestran en su día a día".

CITA EMPRESARIAL INELUDIBLE DE LOS ACTORES DE LA INDUSTRIA

Global Industrie no es sólo un escaparate de todas las competencias industriales sino una verdadera cita comercial en la que los visitantes y expositores negocian, pactan y concluyen contratos de compras, desarrollan nuevos mercados e inician nuevas colaboraciones.

Global Industrie, con su servicio gratuito de Business meetings, propició el contacto de la oferta con la demanda con sus 1.279 citas de negocios.

Asimismo, invitó y recibió a numerosas delegaciones extranjeras que acudían para constatar el valor añadido aportado por el saber hacer industrial francés; entre dichas delegaciones podemos citar Portugal, República Checa, Taiwán, Rusia, Sudáfrica, etc.

DOS EVENTOS INSTITUCIONALES DE ENVERGADURA EN LA FERIA

En el marco de Global Industrie tuvo el honor de acoger dos eventos institucionales de primer nivel:

El comité ejecutivo del Consejo Nacional de la Industria francés se celebró en Eurexpo con la asistencia del ministro francés de Economía y Finanzas, D. Bruno Le Mai-

re, y su secretaria de Estado, Dña. Agnès PannierRunacher.

La conferencia de los 124 "Territorios de la industria", anunciados por el primer ministro en noviembre de 2018, organizó su primera reunión plenaria en Global Industrie Lyon con la asistencia de la ministra de Cohesión de los Territorios, Dña. Jacqueline Gourault, y de la secretaria de Estado del ministro de Economía y Finanzas, Dña. Agnès Pannier-Runacher, y numerosos presidentes regionales franceses acompañados por sus administraciones.

LA EXCELENCIA INDUSTRIAL PLASMADA EN NUMEROSAS ANIMACIONES

Awards, Fábrica conectada, Campus y Conferencias... A través de un programa abundante y polifacético, Global Industrie quiso destacar y dar a conocer más ampliamente los talentos y conocimientos técnicos que constituyen la riqueza de la industria francesa.

Global Industrie Awards

Las 7 categorías de trofeos, 100% inéditas, se definieron de forma que reflejaran fielmente la diversidad de la industria, en general, y de la oferta de los expositores, en particular.

El 5 de marzo, durante la velada de los Global Industrie Awards, entre las 206 innovaciones sometidas por los expositores este año, 7 seleccionadas por el jurado fueron distinguidas ante más de 1.900 invitados.

Fábrica conectada

¡La animación estrella de Global Industrie Lyon superó la de la edición parisina, con una superficie de 1.100 m², 74 sociedades implicadas y la creación de una medalla cada 10 segundos!

9.000 curiosos asistieron "en directo" a todas las etapas de la fabricación de una medalla personalizable; del diseño a la entrega final.

La coordinación de un proyecto de este calibre por parte del estudio de ingeniería ADI fue toda una proeza: ¡precisaron sólo 15 días para instalar una auténtica fábrica, lo que en condiciones reales, hubiera requerido más de 6 meses!

Robotic Show: el desfile de moda 4.0

En Lyon, los robots no dudaron en dar un espectáculo durante una animación inédita, realizada con la participación de THESAME, centro experto de las profesiones de la innovación.

Exoesqueletos, cobots, AGV... especímenes excepcionales por su carácter innovador y sus rendimientos, 25 robots, la mayoría en funcionamiento, reprodujeron en vivo las numerosas aplicaciones que hacen posible: una mano robotizada, un fabricante de algodón de azúcar, un robot masajista, etc.

Campus, una feria dentro de la feria

Con 1.500 m² dedicados a la enseñanza, al empleo y a la formación, las distintas zonas de Campus Global Industrie –Job Area, Student Area, Amphi, SMILE, etc.– facilitaron el contacto entre empresas, estudiantes universitarios y escolares, y personas en busca de empleo o de una nueva orientación profesional.

Todos estos platos fuertes no deben ocultar las demás animaciones de la feria que también cosecharon un gran éxito: los platós de televisión que acogieron el programa de conferencias, los Estados generales de la Robótica, los Industry 4.0 International Days (en colaboración con la Agencia Auvernia-Ródano-Alpes), o incluso la exposición contra las falsificaciones "Faux Fuyons".

Global Industrie en French Fab Tour 2019

French Fab Tour es una gira extraordinaria y necesaria de 60 fechas en Francia.

Está destinada a promocionar la industria, despertar vocaciones entre los jóvenes, proponer ofertas de empleo y construir conjuntamente la industria del mañana.

En 2019, Global Industrie participará por tanto en esta gira y presentará productos y soluciones que valoricen la industria. Próximas fechas que recordar: Tours, 2 de abril – Limoges, 4 de abril – Pau, 9 de abril.

PRÓXIMA CITA

GLOBAL INDUSTRIE PARÍS

Del 31 de marzo al 3 de abril de 2020

Parque de Exposiciones, París Nord Villepinte

SSAB presenta la gama Docol HE de aceros avanzados

Desarrollados para las aplicaciones y condiciones de fabricación más exigentes de la industria automotriz, el acero Docol HE ofrece propiedades mejoradas para aquéllos que se enfrentan a desafíos de diseño y producción con materiales de acero microaleado HSLA convencionales.

Entre las ventajas que ofrece Docol HE se incluyen una ductilidad de bordes mejorada que ofrece una notable mejora en el conformado local, la calidad de bordes cizallados y los coeficientes de ensanchamiento de agujeros. Esto puede ofrecer como resultado una reducción de los rechazos, menor desperdicio de material, mayor rentabilidad y la posibilidad de desarrollar componentes novedosos e innovadores que aprovechen todas las propiedades del acero.

"Nuestra nueva gama Docol HE es única en el mercado y forma parte de la estrategia de SSAB que no solo se limita a crear mejores calidades de acero, sino también a mejorar las propiedades de las calidades de aceros avanzados de alta resistencia existentes y ampliamente utilizadas. Gracias a una microestructura más fina y la mejora de la ductilidad de bordes, Docol HE permite el conformado de componentes con bordes cortados sin riesgo de que se produzcan micro grietas, rebabas o fallos, algo que puede resultar costoso para la producción", explica Daniel Sund, director de producto laminado en caliente, de SSAB.

Docol HE está disponible actualmente en valores de 355 MPa, 420 MPa, 460 MPa y 500 MPa de límite elástico. Están disponibles en espesores de 2 a 6 mm y se entregan en forma de bobinas o chapas. El siguiente paso en el desarrollo de productos para este tipo de acero se centrará en ampliar los intervalos de dimensiones y aumentar los valores de límite elástico.

Entre los componentes de automoción para los que es adecuado Docol HE se incluye una amplia gama de componentes de chasis, consolas, asientos, así como piezas del tren motriz, embragues, acoplamientos y cualquier componente con bordes estirados. La estampación fina con Docol HE también es excelente, lo que amplía sus áreas de uso.

Las calidades de Docol HE cumplen y exceden la norma EN10149.2. Pueden entregarse con certificaciones dobles para solucionar problemas de producción actuales o para permitir nuevos diseños complejos sin necesidad de cambiar los estándares existentes.

Las calidades de Docol HE son el resultado de prácticas de producción innovadoras, que son posibles gracias a la moderna línea de producción con tren de laminado en caliente que posee SSAB y que ofrece la capacidad de alcanzar con precisión las propiedades que se desean. La composición de baja aleación ofrece como resultado una soldadura mejorada con medios convencionales, así como una excelente conformabilidad en general.

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 • pedeca@pedeca.es • www.pedeca.es

Algunas consideraciones sobre los aceros de construcción mecánica, destinados a la industria automovilística (Parte IV)

Por Manuel Antonio Martínez Baena, Ingeniero Metalúrgico

ACEROS ALEADOS DE CONSTRUCCIÓN

4. Introducción

Los **aceros aleados de construcción mecánica** son aceros finos de ingeniería que se utilizan, principalmente, para la producción de órganos y elementos constructivos de una cierta responsabilidad: piezas para motores, componentes mecánicos y piezas varias para vehículos y maquinaria en general, etc.; que previamente bonificados pueden alcanzar una resistencia (**R**) variable, normalmente, comprendida entre los 70 y 170 Kg/mm^2 [**R** = (686 ÷ 1.666) MPa]; **figura 4.1**.

Figura 4.1. Cigüeñal y biela, componentes fabricados generalmente con aceros aleados bonificables.

A todos los aceros de este grupo se les somete, por norma, a un temple + revenido alto: **bonificado**. Consecuentemente, por extensión, a estos aceros se les denomina **aceros bonificables**, ya que, como es sabido, mejoran sus características mecánicas por la acción directa del tratamiento térmico de bonificado: **temple + revenido alto**.

El grupo está constituido por aceros que contienen uno o varios elementos de aleación, añadidos intencionadamente, y donde la suma total aleante no sobrepasa el 6 por 100 (6%): [**Mn**% + **Si**% + **Cr**% + **Ni**% + **M0**% + **V**%...] **≤ 6**%. Sus características principales vienen definidas por: (1) la composición química; y (2) las propiedades mecánicas o físicas provenientes de un tratamiento térmico previamente establecido.

Los elementos de aleación y el tanto por ciento (%) mínimo, a partir del cual dichos elementos forman parte como aleante del acero, se indican en el siguiente cuadro.

Manganeso (**Mn**)	1 %
Silicio (**Si**)	1 %
Níquel (**Ni**)	0,50 %
Cromo (**Cr**)	0,25 %
Molibdeno (**Mo**)	0,15 %
Vanadio (**V**)	0,05 %

Tales elementos, dosificados adecuadamente en el acero, le proporcionan a éste la templabilidad necesaria y la estructura –*después del temple + revenido alto*– más apropiada para su uso y empleo.

Mediante el ensayo Jominy, los diagramas de transformación isotérmica **TTT** y los de transformación en enfriamiento continuo **TEC**, se conoce la aptitud al temple de los aceros y, asimismo, la acción específica de cada uno de sus elementos químicos principales sobre la templabilidad. De esta forma se está en las mejores condiciones de producir el acero más económico; al mismo tiempo que es previsible, también, un margen de seguridad de empleo razonable.

La utilización de los aceros de construcción aleados, se hizo precisa al considerar que las características mecánicas de los aceros al carbono son siempre bajas en piezas de cierto espesor y masa. Esto es debido, como ya hemos indicado reiteradas veces, a la baja templabilidad de los aceros al carbono: efecto de masa.

Es bien sabido, pues, que los aceros aleados de construcción se caracterizan por una mayor templabilidad, y una mayor resistencia al revenido frente a los aceros simples al carbono. Gracias a esto se obtiene, en las piezas correspondientes, un temple más completo y un revenido profundo a más alta temperatura, alcanzándose al mismo tiempo, una mayor tenacidad, una mejor resistencia mecánica y, asimismo, una más favorable relación límite elástico/resistencia (**LE/R**).

En la **figura 4.2** se indica la relación estadística, en valores relativos, entre la resistencia a la rotura (**R**) y la relación límite elástico/resistencia (**LE/R**). Se observa que, a medida que aumenta la resistencia (**R**), el valor de relación (**LE/R**) se eleva, pasando ésta de: [**LE/R** = (60 ÷ 80%)] a [LE/R = (90 ÷ 95%)]. El valor de la relación varía con la intensidad de temple alcanzada en cada caso: valores máximos y mínimos de temple.

La composición química de los aceros aleados de construcción está constituida, normalmente, por un carbono comprendido entre el 0,30 por 100 y 0,50 por 100 [**C** = (30 ÷ 0,50%)], y cantidades variables de manganeso (**Mn**), cromo (**Cr**), níquel (**Ni**), molibdeno (**Mo**), etc., que se adicionan para mejorar, fundamentalmente, la templabilidad y características mecánicas**; tabla 4.I**.

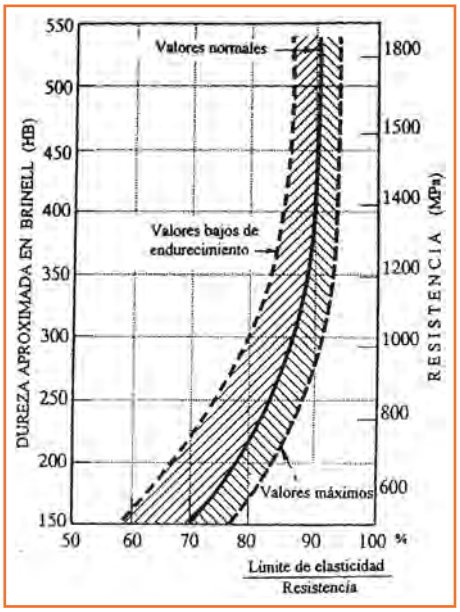


Figura 4.2. Relación **LE/R**, correspondiente a distintas resistencias de aceros templados y revenidos. El grado de temple alcanzado es importantísimo para conseguir los mejores resultados.

Las propiedades de empleo más ventajosas de estos grupos de aceros se obtienen mediante temple + revenido alto, con lo cual conseguimos una elevada resistencia mecánica y una buena tenacidad.

El temple + revenido alto –***bonificado***– es, en tal caso, imprescindible para lograr la estructura de martensita revenida que es muy favorable y aconsejable para aumentar, asimismo, la resistencia a la fatiga.

Designación de acero		Composición química (% en masa)							
Simbólica	Numérica	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni
34Cr4	1.7003	0,30÷0,37	0,40	0,60÷ 0,90	0,025	0,035	0,90÷1,20	–	–
41Cr4	1.7035	0,38 ÷0,45	0,40	0,60 ÷ 0,90	0,025	0,035	0,90÷1,20	–	–
25CrMo4	1.7218	0,22÷0,29	0,40	0,60 ÷ 0,90	0,025	0,035	0,90÷1,20	0,15÷0,30	–
34CrMo4	1.7220	0,30÷0,37	0,40	0,60 ÷ 0,90	0,025	0,035	0,90÷1,20	0,15÷0,30	–
42CrMo4	1.7225	0,38÷0,45	0,40	0,60 ÷ 0,90	0,025	0,035	0,90÷1,20	0,15÷0,30	–
39NiCrMo3	1.6510	0,35÷0,43	0,40	0,50 ÷ 0,80	0,025	0,035	0,60÷1,00	0,15÷0,25	0,70÷1,00
34CrNiMo6	1.6582	0,30÷0,38	0,40	0,50 ÷ 0,80	0,025	0,035	1,30÷1,70	0,15÷0,30	1,30÷1,70
30CrNiMo8	1.6580	0,26÷0,34	0,40	0,50 ÷ 0,80	0,025	0,035	1,80÷2,20	0,30÷0,50	1,80÷2,20
36NiCrMo16	1.6773	0,32÷0,39	0,40	0,50 ÷ 0,80	0,025	0,025	1,60÷2,00	0,25÷0,45	3,60÷4,10

Tabla 4. I. Composición química de los principales aceros finos de construcción mecánica aleados. Aceros bonificables. **EN-UNE- 10083-3/2006**.

4.1. Templabilidad

El término templabilidad se acepta como una designación de la capacidad del acero para endurecerse en profundidad al ser templado: **capacidad de penetración de temple**. Se dice que un acero tiene alta templabilidad, cuando el material ya templado alcanza [*desde superficie al núcleo*] un importante espesor endurecido; si un acero tiene mayor templabilidad que otro, tiene también mayor volumen endurecido. Esto es así siempre y cuando se den, en los distintos aceros, las mismas condiciones de temple; **figura 4.3**.

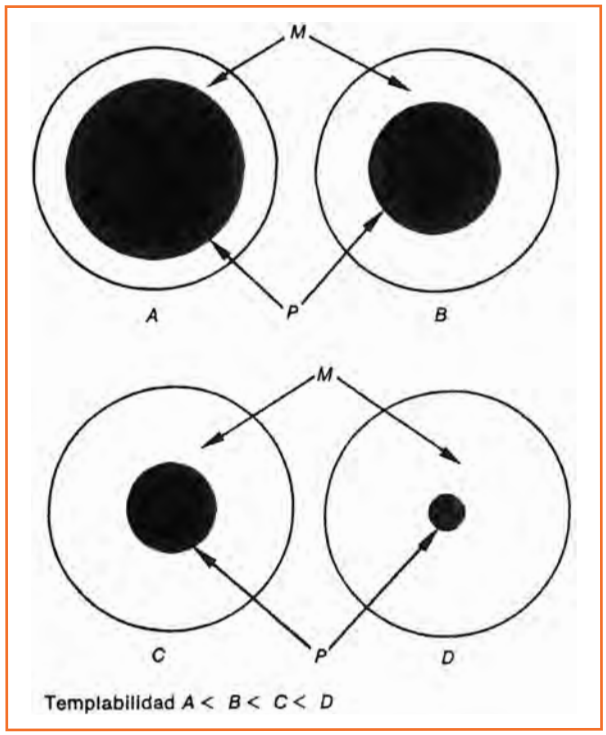


Figura 4.3. Comparación de templabilidad. Ensayo de cuatro aceros donde la templabilidad es creciente de **A** a **D**: **A < B < C < D** **[M** = martensita; **P** = perlita; + otros constituyentes intermedios**]**.

Las propiedades mecánicas dependen, particularmente, de la microestructura del acero; mientras que la composición química determina, normalmente, las temperaturas de tratamiento térmico y a las que ocurren los cambios microestructurales en el seno del metal. Por la facilidad que tiene el acero de variar su estructura y ordenación atómica, hacen de éste el material de mayor versatilidad que, tecnológicamente, existe en la actualidad.

La presencia de cantidades mayores o menores (%) de: manganeso (**Mn**), níquel (**Ni**), cromo (**Cr**), molibdeno (**Mo**), vanadio (**V**), etc., modifican; **p.ej.**: la temperatura de temple, los medios de enfriamiento y la técnica de revenido. Cuando diferentes aceros se templan, de una manera adecuada, los resultados que se obtienen, para una igual naturaleza y composición, son tan similares que posibilitan una gran intercambiabilidad en la utilización de los mismos. El efecto de tal propiedad no es simplemente, una consecuencia de posibles ensayos mecánicos de tracción o de dureza, ya que ni el ensayo de tracción, ni tampoco el de dureza, dan información alguna relativa a los cambios habidos en la microestructura del material templado.

Ha sido un factor determinante el disponer de un ensayo que diera información rápida, fácil y práctica, sobre la dureza y la estructura a conseguir en distintos puntos de la sección de un acero una vez templado en agua o en aceite: **ensayo de templabilidad Jominy; figura 4.4**.

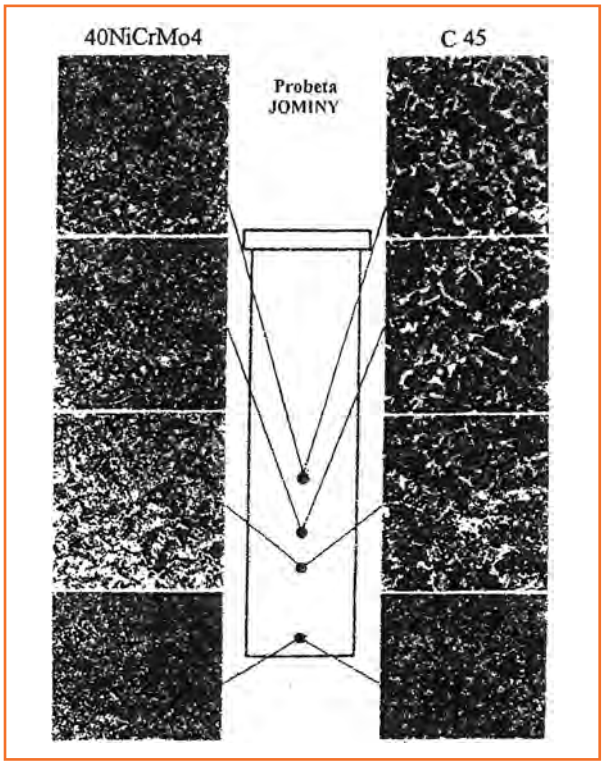


Figura 4.4. Micrografía de la estructura y dureza de temple obtenidas en distintos puntos de la probeta Jominy ensayada. Aceros **40NiCrMo** y **C45**.

Con el ensayo de templabilidad Jominy se caracterizan los siguientes principios físico-metalúrgicos:

- Dureza máxima, función del contenido de carbono del acero.

- Templabilidad, función del contenido en elementos de aleación.
- Efecto de masa, función de la velocidad de enfriamiento de temple: templabilidad.
- Probable microestructura del acero.
- Propiedades mecánicas ordinarias: carga de rotura, límite elástico, alargamiento y estricción.

Hay que indicar, al mismo tiempo, que dada la inevitable dispersión de la composición química entre las coladas de un acero de la misma composición, existen las correspondientes curvas, máximas y mínimas de templabilidad que limitan las zonas de dispersión experimentales: son las denominadas **bandas de templabilidad Jominy**; **figura 4.5**.

DISTANCIA mm	DUREZA (HRC)	
	min	max
1,5	53	60
3	52	60
5	50,5	59,5
7	48	59
9	45	58
11	42	57
13	39,5	55,5
15	37	54
20	34	51
25	32	48
30	31	46
35	30	45
40	29 5	44
50	29	43

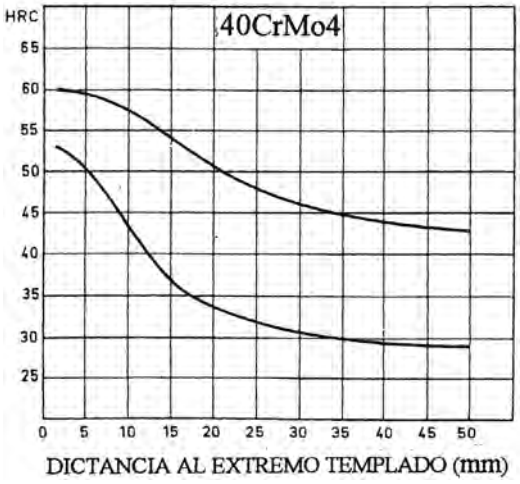


Figura 4.5. Banda de templabilidad Jominy del un acero **40CrMo4** y cuadro indicativo de máximos y mínimos de dureza obtenidos a lo largo de la probeta templada.

La American Iron and Steel Institute –**AISI**– estableció las primeras bandas de templabilidad Jominy. A los aceros que cumplen con una determinada banda de templabilidad, se les ha ampliado la designación añadiéndoles la letra **H** mayúscula [**H= *Hardenability***], que señala que el acero ha sido fabricado para cumplir una cierta especificación de templabilidad, siendo de importancia secundaria la composición química del material.

En la industria del automóvil en general, y en otros sectores metal-mecánicos en particular, es un hecho ya establecido que la recepción de la mayoría de los aceros se realiza mediante su banda de templabilidad. Las bandas de templabilidad Jominy proporcionan una total garantía sobre la respuesta del acero al tratamiento térmico, con la absoluta certeza de conseguir, también, sus mejores propiedades mecánicas.

4.2. Selección de los aceros aleados de media y más alta resistencia

Para una juiciosa selección de los aceros aleados de construcción mecánica, de baja y media aleación, conviene conocer la influencia específica en el acero de cada uno de sus aleoelementos: el manganeso (**Mn**), el cromo (**Cr**) y el molibdeno (**Mo**) mejoran, sobre todo, la templabilidad y permiten el empleo de medios de enfriamiento durante el temple, menos severos; el molibdeno (**Mo**) elimina, prácticamente, la fragilidad de revenido o fragilidad de **Krupp**.

Los aceros bonificables, sobre todo los aceros al cromo-níquel (**Cr-Ni**) y los aceros al cromo-manganeso (**Cr-Mn**), tienen tendencia a fragilizarse cuando se revienen en la franja de temperaturas comprendida entre 250 y 550 °C; y, posteriormente, el enfriamiento se efectúa de forma lenta hasta la temperatura ambiente. Por esta circunstancia, cuando se revienen tales aceros [(**Cr-Ni**) y (**Cr-Mn**)] es necesario enfriarlos en agua o bien en aceite, desde la temperatura a la que se han revenido.

El níquel (**Ni**) hace descender los puntos críticos del acero, facilita el temple, y afina el grano; características éstas con las que se alcanza una notable mejora en la resistencia al choque: resiliencia y ductilidad. Algunas veces se adiciona vanadio (**V**) para mantener un grano, relativamente, fino cuando se calienta el material a altas temperaturas, ya que el vanadio (**V**) proporciona, a los aceros con los que se alea, una mayor resistencia al sobrecalentamiento. El vanadio (**V**) es, asimismo, un buen desoxidante y afinador de grano.

Los respectivos aceros al cromo-manganeso (**Cr-Mn**) [aceros **41Cr4** y **34Cr4**], son empleados en piezas de medianas dimensiones que no están expuestas a excesivas solicitaciones. Las ventajas de su precio, frente al de otros aceros más aleados [aceros **Cr-Mo**) y **Ni-Cr-Mo**)] implican, como contrapartida, un mayor riesgo a la fragilidad de revenido y, también, una menor facilidad de puesta en forma y hechurado en caliente.

Los aceros al cromo-molibdeno (**Cr-Mo**), son un grupo muy interesante de aceros de templabilidad creciente que viene ayudada por su mayor o menor contenido de carbono. Tales aceros presentan unas características muy notables, como son sus altos valores de resistencia mecánica, de tenacidad, de resistencia a la fatiga, etc.; conjunto de aceros que no están sujetos a la eventual fragilidad de revenido.

Los aceros de bajo carbono son aceros fácilmente soldables, mientras que los de más alto carbono [aceros **34CrMo4** y **42CrMo4**] presentan mayor dificultad de soldeo; pero tienen, como ventaja importante, el poder utilizarlos en piezas sometidas a más altas temperaturas de trabajo: temperaturas **≤** 500 ºC.

Los aceros al níquel-cromo-molibdeno [**Ni-Cr-Mo**] presentan un conjunto de características particularmente elevadas, por lo que son muy aptos para la construcción de piezas y elementos mecánicos, de mediana dimensión, que están sometidos a fuertes solicitaciones. Los aceros menos aleados, como es el caso del acero **39NiCrMo3**, son utilizados en piezas de secciones transversales o espesores máximos que no sobrepasen los **50** mm.

Los aceros de mediana aleación, grupo al que pertenece el acero **34NiCrMo6**, son aleaciones de composición muy equilibrada que garantizan *–al contener más de níquel* (**Ni**) y *cromo* (**Cr**)– una excelente templabilidad. Tales aceros se recomiendan para piezas y elementos mecánicos cuya sección transversal o espesor máximo no sobrepase los **180** mm. Todos los aceros del grupo, en estado de recocido, tienen una aceptable maquinabilidad.

Los aceros de mayor aleación, grupo al que pertenece el acero **36NiCrMo16**, poseen una muy alta templabilidad y se utilizan en piezas de grandes secciones transversales o espesores (**≤ 300** mm); que necesiten por su trabajo máximas características mecánicas, particularmente, una muy elevada resistencia a la fatiga.

La mayoría de los aceros de este grupo admiten un temple poco enérgico, el cual se puede realizar, normalmente, mediante un enfriamiento al aire: espesores **≤ 120** mm; ver **tabla 4.II**.

DIÁMETRO MÁXIMO EN EL QUE SE CONSIGUE UNA ESTRUCTURA DE TEMPLE ACEPTABLE (un mínimo 50% de martensita) EN EL NÚCLEO DE LAS PIEZAS			
ACERO NORMA UNE-EN	DIÁMETRO MÁXIMO [mm]		
	Temple en agua	Temple en aceite	Temple en aire
34Cr4	65	40	–
25CrMo4	70	40	–
41Cr4	75	45	–
30CrMo4	80	50	–
34CrMo4	95	60	–
42CMr4	130	100	–
34NiCrMo6	140	110	–
39NiCMo3	160	120	–
36NiCrMo16	–	200	120

Tabla 4.II. Aceros aleados de construcción. Diámetros máximos en los que se consiguen estructuras de temple industrialmente aceptables [*mínimo50% de martensita*] en el núcleo de la pieza: temple en agua, aceite, y en aire.

4.3. Tratamientos térmicos de los aceros aleados de construcción

Los tratamientos térmicos a los que, usualmente, se someten los aceros aleados de construcción son: recocido subcrítico, recocido de regeneración, y bonificado. El recocido de regeneración es necesario, en la mayoría de los casos, para facilitar el mecanizado con arranque de viruta y, asimismo, cuando se han de realizar en el material trabajos de deformación y conformado en frío. El recocido de regeneración es necesario y, particularmente, recomendable como tratamiento previo antes del temple de los productos que han sido forjados. Las ventajas principales de tratamiento térmico, que tienen los aceros aleados de construcción comparándolas con las de los aceros al carbono, son:

- Posibilidad de templar hasta el núcleo piezas de mayores dimensiones y/o de mayores espesores: aceros de alta templabilidad.
- Se puede sustituir el temple en agua por el temple en aceite o en aire, con la consiguiente disminución del riesgo de eventuales grietas y de deformaciones en los materiales templados.
- Mayor margen en el tiempo de calentamiento a la

temperatura de tratamiento, debido a determinados elementos aleantes y, en consecuencia, con el menor peligro de sobrecalentamiento en el acero.

- Mayor resistencia al revenido.
- Mejores características de tenacidad a baja temperatura del material bonificado.
- Más alta resistencia a la fatiga.
- Menor sensibilidad a la fragilidad de revenido [aceros con **Mo**].
- Mayor tenacidad transversal.

4.3.1. *Recocido*

Como los aceros aleados de construcción son de contenido bajo y medio carbono [**C** = (0,25 ÷ 0,40%)], el recocido más empleado, en la práctica, es el recocido de ablandamiento. Tratamiento subcrítico éste que se realiza a una temperatura comprendida entre los 640 y 680 °C, *–temperatura por debajo de la del punto crítico inferior* $\mathbf{A_1}$– y con enfriamiento en aire.

En aquellos aceros donde el carbono está en la parte superior de su banda (**C ≤** 0,35%) es interesante a veces, para homogeneizar su estructura, realizar un recocido de regeneración. Dicho recocido se lleva a cabo calentando el material a una temperatura comprendida entre los 820 y 830 °C, ligeramente superior a la del punto crítico $\mathbf{Ac_3}$ del acero en tratamiento. Alcanzada la temperatura crítica de austenización, y después de un cierto periodo de tiempo a dicha temperatura, se inicia el enfriamiento lentamente dentro del horno, a una velocidad no superior a los 30 °C/ hora hasta llegar a 550 °C; finalmente, por debajo de los 550 °C, se saca el material del horno dejándolo enfriar en aire hasta la temperatura ambiente.

Si la dureza del material, una vez realizado el recocido de regeneración, se considera alta se le puede realizar un segundo recocido subcrítico de ablandamiento. Al conjunto de ambos tratamientos *–recocido de regeneración + recocido subcrítico–* se le denomina, obviamente, doble recocido.

A las piezas que han sido estampadas o forjadas en caliente, fabricadas con aceros de construcción de media-baja aleación y, también, contenido medio-bajo en carbono (**C** ≤ 0,35%), se les aplica, con frecuencia, el recocido isotérmico; recocido éste al que se le denomina, asimismo, ***recocido de maquinabilidad***, ... en virtud de los buenos resultados de mecanizado que se obtienen en las piezas isotérmicamente recocidas.

Durante los trabajos de estampación y forja en caliente de la mayoría de piezas fabricadas con aceros aleados de construcción, se suele realizar en la práctica un recocido muy semejante y parecido al recocido isotérmico aprovechando el calor de forja. Las piezas al "rojo vivo" salidas de la estampa, se llevan a un horno donde se mantienen, a temperatura entre 670 y 690 °C, sólo el tiempo suficiente para obtener la total transformación de la austenita en perlita y ferrita *–estructura* "blanca y negra" y *si es posible no bandeada–* de acuerdo con el diagrama **TTT** del acero en tratamiento; finalmente las piezas se sacan del horno y se enfrían en aire tranquilo.

4.3.2. *Bonificado*

Las piezas obtenidas de aceros aleados de construcción se utilizan particularmente **bonificadas**, ya que sus mejores características mecánicas sólo se obtienen después de un correcto tratamiento de **temple + revenido alto**: temperatura de revenido **≤** 580 °C; **figura 4.6 a** y **b**.

En el temple el calentamiento de austenización se realiza, como está establecido a una temperatura de 50 °C por encima de la crítica del punto $\mathbf{Ac_3}$, [$\mathbf{Ac_3}$ + 50 °C], del acero correspondiente.

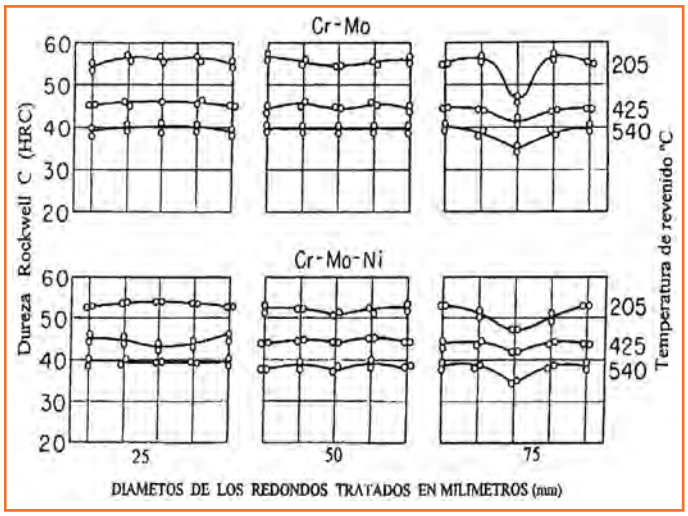


Figura 4.6. Variación de las características mecánicas de resistencia (**R**), limite elástico (**LE**), resiliencia ( ) y alargamiento (**A**%), en función del diámetro, obtenidas de dos aceros aleados de menor a mayor composición. Aceros **42CrMo4** (**a**) y **39NiCrMo3** (**b**). Probetas bonificadas y mecanizadas, extraídas de la mitad de redondos de diversos diámetros.

Como los elementos de aleación disminuyen el coeficiente de transmisión calorífica del acero, la duración del calentamiento será sensiblemente mayor a la del resto de aceros al carbono, para alcanzar una correcta homogeneización austenítica. El enfriamiento se realiza casi siempre en aceite, aprovechando las moderadas velocidades críticas de temple que, habitualmente, se alcanzan en los aceros aleados; circunstancia por la que se reducen las deformaciones y se minimiza, sustancialmente, el riesgo de potenciales roturas.

Hay algunas calidades de aceros al cromo-níquel-molibdeno [**Cr-Ni-Mo**] de muy alta templabilidad, que se pueden templar en aire, como ya antes hemos indicado; son los llamados **aceros autotemplables** y tenemos algunos de los ejemplos; tabla 4.II.

En la **tabla 4.II** se indican los diámetros máximos de los principales aceros de este grupo que, una vez templados en aceite y en agua, se consiguen estructuras en el núcleo con un mínimo de 50 por 100 (**50**%) de martensita; valor éste, industrialmente, aceptable. En productos de grandes dimensiones y de regular diseño, se hace necesario y es aconsejable el **temple interrumpido** –*temple mixto*–: enfriamiento del material unos segundos agua y el resto del tiempo en aceite, para conseguir en el núcleo de la pieza, como mínimo, un 50 por 100 (50%) de martensita.

El **revenido** de los aceros aleados de construcción se realiza a temperaturas altas, normalmente comprendidas entre los 580 y 650 °C; una vez completada la fase de calentamiento, que puede ser de varias horas, las piezas se enfrían seguidamente al aire ambiente. Algunas veces y en ciertos aceros, finalizada la fase de calentamiento, las piezas hay que enfriarlas enérgicamente en agua o en aceite para evitar el fenómeno ya conocido de la fragilidad de revenido, denominada **fragilidad de Krupp**: fragilidad ésta a la que son sensibles algunos de los aceros antes citados [aceros **Cr-Mn** y aceros **Cr-N**i].

El temple lo consideramos, fundamentalmente, como un tratamiento preparatorio, dado que es la base fundamental de partida para un buen bonificado, es decir: el propósito del temple es conseguir el máximo de martensita homogénea en el material templado; de ahí la necesidad de una templabilidad adecuada que viene dada, principalmente, en función de las dimensiones de las piezas correspondientes.

El revenido es, propiamente, el verdadero tratamiento térmico que regula y/o ajusta las propiedades y características mecánicas, deseadas y exigidas, a conseguir del material correspondiente en servicio, al mismo tiempo que provoca la descomposición, por precipitación, de la martensita; condición fundamental y necesaria para alcanzar las características y propiedades mecánicas pretendidas. Partiendo, siempre, de una buena y homogénea estructura de temple: **martensita**.

El revenido elimina las tensiones y descompone la martensita mediante un complejo mecanismo de precipitación homogénea, en reacción simple del carbono en la matriz ferrítica, que continúa con la coalescencia y la parcial globulización de la cementita y/o de los carburos presentes en el acero templado. Esto conduce a un ablandamiento o pérdida de dureza y resistencia; y, también, a una estructura idónea de martensita revenida dúctil. Masa matricial que está formada por ferrita y cementita o carburos precipitados, según el estado de coalescencia y globulización conseguido mediante un ciclo correcto de revenido.

El empleo de los **diagramas de revenido,** para determinar y elegir el más conveniente ciclo temperatura-tiempo de revenido, resulta de extraordinaria importancia; **figura 4.7**. El tiempo y la temperatura son, en la práctica, muy parecidos en su efectos sobre el revenido; cuanto más aumentamos el tiempo y la temperatura más bajamos la dureza y la resistencia mecánica e incrementamos, por el contrario, las características de tenacidad.

Cuando se templan piezas de cierta dimensión y con diferencias de sección, es fácil y frecuente obtener estruc-

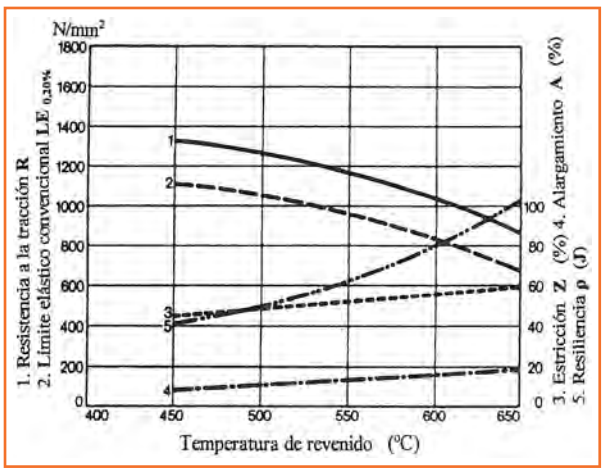


Figura 4.7. Diagrama de revenido del acero **34NiCrMo6**. Influencia de la temperatura de revenido sobre las características mecánicas.

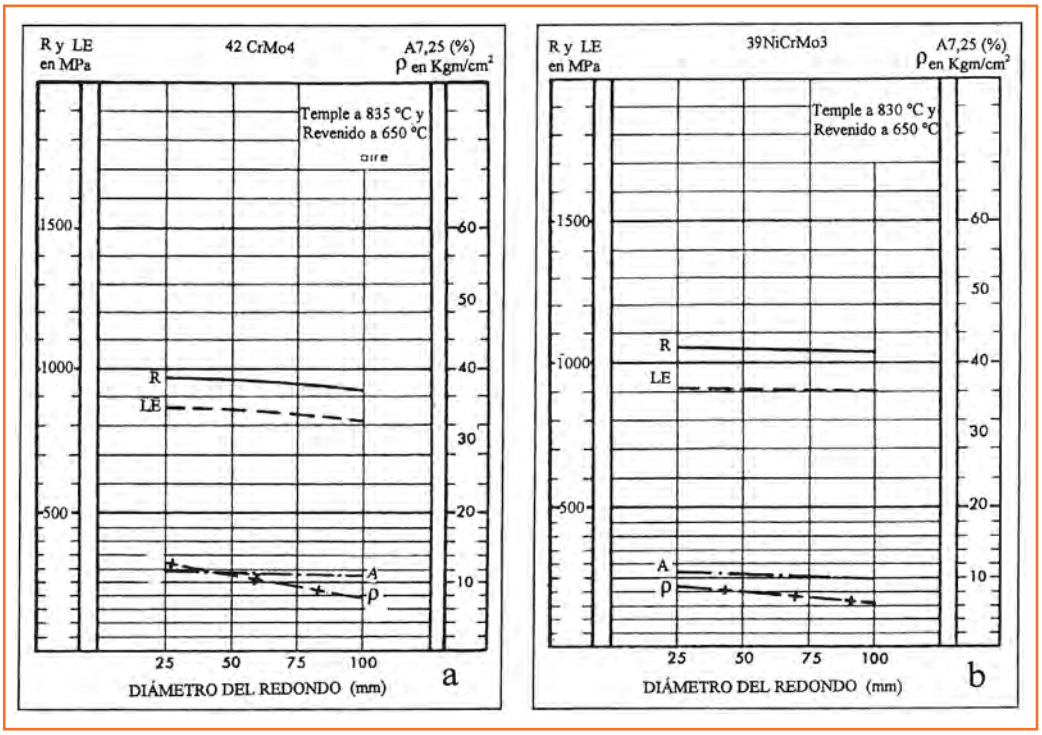


Figura 4.8. Influencia de la temperatura de revenido sobre la homogeneidad y aproximación de los valores de dureza y resistencia superficie-núcleo, en redondos de acero de distinta composición y distinta sección transversal. Aceros **Cr-Mo** (a) y **Cr-Mo-Ni** (b).

turas mixtas en esas zonas diferenciadas del material templado. El metal, en estas condiciones, presenta unas propiedades mecánicas heterogéneas tanto más acusadas cuanto menos aleado sea el acero; y, en consecuencia, la dureza y estructura serán, también, sensiblemente diferentes entre la superficie y el núcleo de la pieza templada.

El revenido, a temperatura alta, baja las características de dureza y resistencia de la pieza revenida, pero las diferencias habidas entre superficie y núcleo no serán tan acusadas, como las manifestadas en el temple.

Los efectos del revenido son tanto más intensos cuanto más inestable sea la estructura de temple sobre la que actúa; es decir, para temperaturas de revenido iguales, los efectos serán más acusados sobre una estructura martensítica pura –*muy inestable*–, que en aquellas estructuras intermedias, más estables y "perezosas" al revenido.

Altas temperaturas de revenido hacen bajar con mayor intensidad la dureza y resistencia en las zonas periféricas de las piezas, debido a la naturaleza muy inestable de la martensita presente en ellas. Pasa lo contrario en las zonas más interiores y en el núcleo del material, al formarse otros constituyentes de temple más estables –*mezcla de martensita*, *bainitas*, *perlita*, etc.– y donde también el efecto de revenido es menos intenso, por lo que la bajada de la dureza y de resistencia es menos acusada.

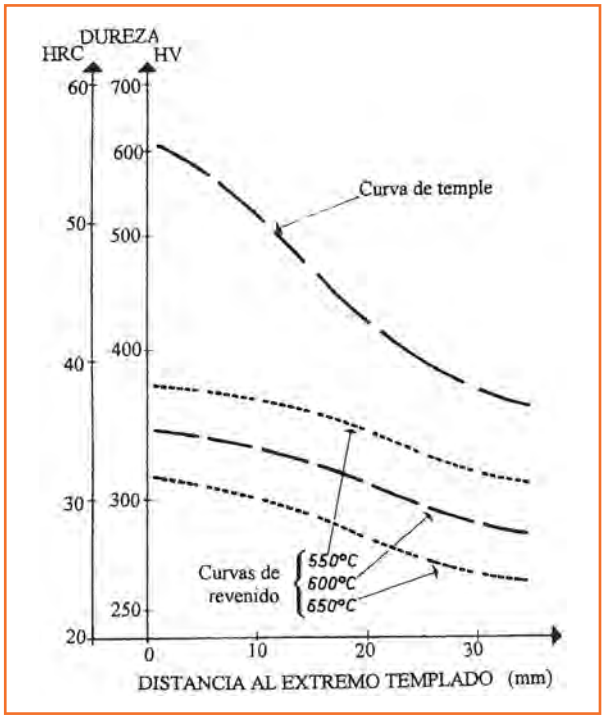


Figura 4.9. Influencia de las temperaturas de revenido, sobre las curvas de templabilidad Jominy. Efecto que se acentúa más en el tramo final de la curva de revenido: acero **42CrMo4**.ç

Resumiendo: en piezas templadas, de medias y grande secciones, cuando se revienen a temperaturas relativamente altas con tiempos prolongados de revenido, se acortan las diferencias de dureza y resistencia superficie-núcleo. Hay un efecto "nivelador", reduciéndose las desigualdades de dureza y resistencia a la rotura en toda la sección transversal del material bonificado, haciéndolas –*dureza* y *resistencia*– igualmente más homogéneas; **figura 4.8**. En la figura se pueden apreciar las curvas de dureza alcanzada después de un revenido realizado a varias temperaturas en dos aceros –*previamente templados*– de distinta composición.

En la **figura 4.9** se presenta la curva Jominy de temple del acero **42CrMo4** (F-1252) con su característica caída de la dureza conforme nos alejamos del extremo templado de la probeta ensayada; se presentan, al mismo tiempo, el resto de curvas que se han obtenido reviniendo el material a distintas temperaturas: 500 °C, 550 °C; 600 °C; 650 °C. Basta observar su menor pendiente en la parte final de tales las curvas, para comprender la igualdad de dureza y de resistencia superficie-núcleo habida.

Con el fin de facilitar la elección del acero más conveniente, en la **tabla 4.III** se dan, en cada caso y a título informativo, los datos que relacionan las dimensiones de las piezas con el límite elástico (**LE**); característica ésta de gran importancia y obligatoria de conseguir en todo material bonificado: temple + revenido alto. Los valores que aparecen en **tabla 4.III** se refieren a revenidos no frágiles; revenidos, por consiguiente, efectuados a temperaturas superiores a 550 °C. Cada acero o grupo de aceros queda representado por un área que, a su vez, corresponde a las dimensiones y a las características mecánicas (**LE**) de empleo más recomendables. Se han procurado colocar los diferentes aceros en un orden de tenacidad creciente.

La **tabla 4.III** está basada en el estudio de las curvas **Jominy** y del **efecto de masa**; considerando, también, diámetros máximos en los que se consiguen estructuras de temple, industrialmente aceptables, 50 por 100 (**50**%) de martensita en el núcleo de las piezas. Como es sabido, la resistencia y el límite elástico de los aceros disminuyen a medida que aumenta la sección o el diámetro correspondiente.

(Continuará)

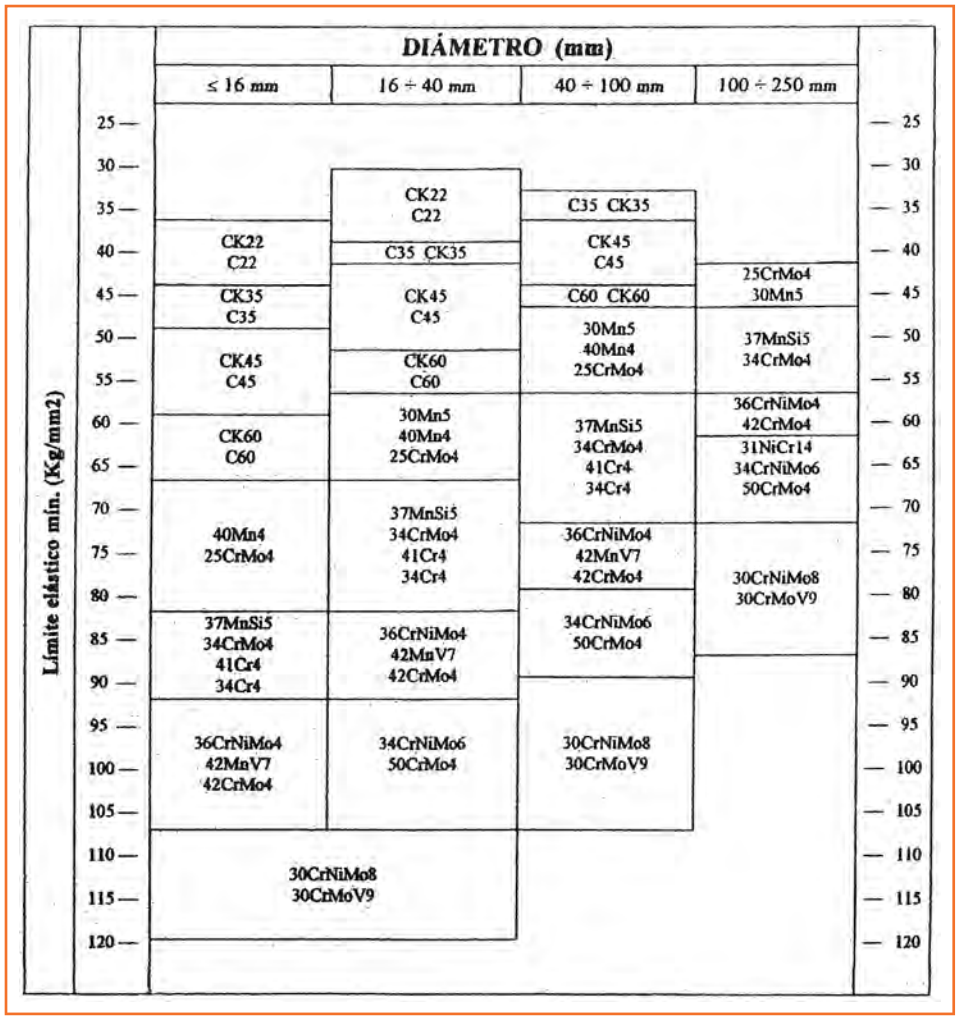


Tabla 4.III. Elección de un acero en función del espesor o sección transversal de las piezas y del límite elástico (**LE**) a conseguir, previo bonificado, del acero correspondiente.

30€

40€

40€

35€

¡Ya a la venta el Volumen 4!

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

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

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

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

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

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

FABRICAMOS:

MÁQUINAS PARA EL DESENGRASE, LAVADO Y LIMPIEZA TÉCNICA DE TODO TIPO DE PIEZAS INDUSTRIALES

Lavar, Desengrasar, Fosfatar, Secar... Todo tipo de piezas eliminando: Óxidos, fangos, pastas de pulir, pegamentos, virutas, ferrichas, aceites, grasas, polvo...
En máquinas de tipo: TÚNEL, ROTATIVAS, CUBAS, CABINAS, TAMBORES.

***Disponemos de laboratorio propio para el control de calidad de la limpieza.**

Bautermic S.A.
Tel: 933 711 558 - Fax: 933 711 408
www.bautermic.com
comercial@bautermic.com

GRUPO PIROVAL
WWW.GRUPOPIROVAL.COM

Hornos, secaderos e incineradores industriales
Diseñados a medida

COMBUSTION - AISLAMIENTO - INGENIERIA
TELF: 961 66 88 36 grupopiroval@grupopiroval.com
DIRECCIÓN: Pol. Ind. El Oliveral III C/I, nave 1 CP:46394 Ribarroja (Valencia)

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

SU MEJOR COMUNICACIÓN
REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL

Estrenamos Nueva Web
www.pedeca.es

- 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

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
APLITEC

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
Andalucía
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
SSi SUPER SYSTEMS INC.
HITECH INSTRUMENTS LTD
TKK EREMA
TOKAI KONETSU KOGYO CO., LTD.
WINNER TECHNOLOGY CO.,LTD.
주식회사 위너테크
Sondas de oxígeno
Analizadores de gases
Pruebas de uniformidad de temp. AMS2750D, E y CQI9 r3
Sondas de temperatura
Videoregistradores
Reguladores de temperatura
Thyristores
Resistencias CSi y MoSi2
Automatización de hornos
ENTESIS technology
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

Fabricamos hornos y estufas industriales
Modelos stándars y especiales
tecno piro
www.tecnopiro.com
Hornos del Vallés, S.A
Barcelona (Spain)
T/ 936 926 612 - 606 134 562
hdv@tecnopiro.com

PROYCOTECME
HORNOS INDUSTRIALES
Especialistas en tratamiento térmico
SOLO
Borel
HORNOS VERTICALES, TRANSFER Y CONTINUOS
HORNOS Y ESTUFAS
PANELES DE GASES
PANELES DE CONTROL Y SUPERVISIÓN
CONSUMIBLES Y CALDERERÍA
CONSUMIBLES FUNDICIÓN
Ipsen
www.proycotecme.com

Interbil
Ingeniería Térmica Bilbao s.l.

Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

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

www.interbil.es

ARROLA®
SERVICIO INTEGRAL
PARA INSTALACIONES
DE TRATAMIENTO TERMICO

HORNOS INDUSTRIALES

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

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

Su Proveedor de soluciones en Tratamiento de Superficies

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

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

wheelabrator
shaping industry

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

alju

- Granalladoras.
- Instalaciones de chorreado manual y automático.
- Líneas de granallado y pintado.
- Filtros de aspiración.
- Piezas y calderería antidesgaste.
- Esmeriladoras pendulares.

FABRICANTES CON INGENIERÍA PROPIA

Teléf.: +34 944 920 111 • e-mail: alju@alju.es • www.alju.es

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.*

CRONITE
Better by design

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

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

ERVIN
The World Standard for Quality

Ervin es el fabricante especialista en granalla de Acero y Granalla de Acero inoxidable.
No sólo ofrecemos la mejor calidad de granalla del mercado, sino también un excelente servicio técnico.

- **Máxima productividad, mínimo coste**
- **Desgaste reducido**
- **Reducción del polvo y de la eliminación de residuos**

Por favor, póngase en contacto con el Sr. Manuel Forn:
M +34 628 531 487 mforn@ervin.eu www.ervin.eu

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

SCHMOLZ + BICKENBACH GUSS GmbH & Co. KG

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

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

Ipsen
www.Ipsen.de
Your Total Solutions Provider

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

HOT
écnicas 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

Generación económica para un Vacío óptimo
Busch Ibérica S.A.
+34 (0)93 861 61 60
busch@buschiberica.es
www.buschiberica.es
BUSCH
Bombas y Sistemas de Vacío

SPECTRO
AMETEK
MATERIALS ANALYSIS DIVISION
Analizadores Estacionarios de Metales
La solución integral para sus necesidades de análisis de metales
SPECTROLAB
SPECTROMAXx
Visitenos en:
Subcontratación – Bilbao – 4 al 6 de Junio – Pabellón 5 – Stand A34
GIFA – Düsseldorf – 25 al 29 de Junio – Pabellón 11, Stand 11H21
MetalMadrid – 27 y 28 de Noviembre – Stand D40
944 710 401 • comercial@spectro.es

INDICE de ANUNCIANTES

ACEMSA 48
ALJU 48
APLITEC 47
ARROLA 5
BAUTERMIC 46
BMI 47
BOREL SWISS 49
BUSCH 49
CRONITE 23
DEGUISA 47
ENTESIS 47
ERVIN 48
FLEXINOX 47
GRUPO PIROVAL 46
HEA ..... CONTRAPORTADA
HORNOS DEL VALLÉS 47
HOT 25
INDUSTRY TOOL 13
INNOVATLÁNTICO 11
INSERTEC 49
INTERBIL 48
IPSEN 49
LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 45
METALMADRID 9
ONDARLAN ..... PORTADA
PROYCOTECME 47
REVISTAS TÉCNICAS ..... Interior CONTRAPORTADA
SOLO SWISS 49
SPECTRO 49
SUBCONTRATACIÇÓN ..... Interior PORTADA
SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN 17
TECNYMAT 19
TECRESA 47
THERMPROCESS 15
TRATER DAY ..... 6 Y 7
WHEELABRATOR 48

Próximo número

JUNIO

Nº Especial **SUBCONTRATACIÓN** (Bilbao).
FERROFORMA (Bilbao).
Gases especiales. Elementos y útiles para hornos. Robots. Software de control. Automatización. Microscopía. Análisis de gases, agua. Sales. Utillajes. Recambios.

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 • pedeca@pedeca.es • www.pedeca.es

HORNO ELÉCTRICO
PARA
CALENTAMIENTO
DE MOLDES
DE ALUMINIO
HEA
SINCE 1945
HORNOS INDUSTRIALES
www.alferieff.com • hea@hornoshea.com
Telféfono: +34 91 639 69 11