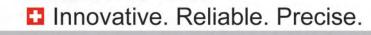


SOLO)
Switzerland

www.soloswiss.es





Hornos de campana Profitherm



Línea automática de tratamiento térmico SOLO Swiss Profitherm











SUB CON TRATA CIÓN'19

FERIA INTERNACIONAL DE PROCESOS Y EQUIPOS PARA LA FABRICACIÓN

4/6 DE JUNIO DE 2019



CONNECTING COMPANIES, GROWING BUSINESS



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



Nuestra Portada

SOLO Swiss fabrica hornos industriales avanzados para el tratamiento térmico de metales. SOLO Swiss ofrece hornos de atmósfera, hornos de proceso por lotes, hornos de campana, hornos continuos utilizados en una variedad de procesos de tratamiento térmico (cementación, templado, revenido, recocido, transformación bainítica, nitruración, soldadura, carbonitruración, sinterización, nitrocarburación, oxinitruración, temple).

SOLO Swiss SA

Hornos Industriales

Tel. / Fax: +34 93 846 79 84 - mail@soloswiss.com - www.soloswiss.es

Borel Suiza fabrica hornos y estufas para todas las aplicaciones de procesos térmicos. Borel Suiza ofrece una amplia gama de hornos estándar, estufas y hornos de alta temperatura, y muchos otros equipos desde 1927.

Borel Swiss

Hornos eléctricos, hornos industriales, hornos y estufas de laboratorio

Tel. /Fax: +34 93 846 79 84 - mail@borelswiss.com - www.borel-hornos.com

Sumario • Febrero 2019 - Nº 69

Información

- Gestamp elige a CO2 Smart Tech para la gestión energética de sus plantas en México y Estados Unidos 4
- UNESID valora positivamente las medidas definitvas de salvaguardia aprobadas por el Consejo Eu-
- Fernando Espada, nuevo presidente de EUROMETAL
- Covuntura del metal Por Confemetal
- Propuestas laborales para reindustrializar la economía española Por Confemetal 13
- Aceros finos de construcción al carbono (continuación Parte III) Por Manuel Antonio Martínez Baena
- Fórum de ARCAS Por Juan Martínez Arcas
- Cronite Group se desprende del grupo Safe
- La Farga presenta una nueva línea de colada continua de cobre única en el mundo, con una inversión de 15 millones de euros 28
- Claves de innovación en la tecnología de Estampación en Caliente. Reflexiones del VI Fórum Técnico Internacional de estampación en Caliente - Por Instituto de Fundición TABIRA
- Efecto de los tratamientos térmicos en aleaciones de Ti y Al por fabricación aditiva para aplicaciones aerospaciales (Parte I) - Por M. Herrera-García, C. Gallequillos, A. Periñán, J. Martín, C. Navarro, J. Domínguez y F. Lasagni 40

Guía de compras 46

Índice de Anunciantes

Síguenos en



Director: Antonio Pérez de Camino

Publicidad: Carolina Abuin

Administración: María González Ochoa

PEDECA PRESS PUBLICACIONES

Diseño y Maquetación: José González Otero

Redactor honorífico:

José María Palacios

Colaboradores:

Por su amable v desinteresada colaboración en la redacción de esté número, agradecemos sus informa ciones, realización de reportajes y redacción de artí-

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.

Oueda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o artículo publicado en TRATER PRESS sir previo acuerdo con la revista

Asociación colaboradora



Asociación de Amigos de la Metalurgia



Gestamp elige a CO2 Smart Tech para la gestión energética de sus plantas en México y Estados Unidos

estamp, empresa líder en fabricación de componentes de metal para el automóvil, ha seleccionado como herramienta estándar de gestión energética para sus plantas de Estados Unidos y México el sistema de monitorización y gestión energética "co2st-tem" desarrollado por CO2 Smart Tech, empresa gallega de ingeniería y tecnología especializada en el desarrollo de sistemas de gestión técnico-energética.

El sistema "co2st-tem" se ha implantado con éxito en dos plantas del grupo Gestamp en Estados Unidos y una en México. Además, está previsto que esta implantación se amplié a otras 10 plantas en Estados Unidos y México.

El objetivo del proyecto que están llevando a cabo Gestamp y CO2 Smart Tech es, además de la reducción del consumo energético, el poder obtener indicadores de eficiencia en sus líneas de producción, gracias a la integración de los parámetros de producción en el sistema. El objetivo final es el de modelizar el comportamiento de los equipos para que trabajen de la manera más eficiente posible, ofreciendo información de gran valor para la toma de decisiones por parte de los responsables de la planta.

El sistema de gestión energética "co2st-tem", un avanzado software cloud de monitorización en tiempo real, permitirá optimizar el consumo energético en las plantas de Gestamp, además de ofrecer información fundamental en el mantenimiento predictivo de las instalaciones, la gestión de procesos de producción y obtener información precisa sobre previsión de consumos energéticos, en base a previsiones de producción.

El acuerdo entre Gestamp y CO2 Smart Tech para la implantación de su software de monitorización y gestión energética "co2st-tem", confirma el compromiso por parte de Gestamp en la gestión de su consumo energético para ser más eficiente y reducir el impacto ambiental de su actividad.





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.





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







UNESID valora positivamente las medidas definitivas de salvaguardia aprobadas por el Consejo Europeo

I Consejo Europeo aprobó la propuesta de la Comisión Europea de imposición de medidas definitivas de salvaguardia a la importación en la Unión Europea de productos siderúrgicos. Las medidas aprobadas entrarán en vigor antes del 4 de febrero, fecha en que expiran las medidas provisionales, adoptadas el pasado mes de julio.

Aunque las medidas provisionales se tomaron analizando el periodo 2015-2017, la reciente investigación la Comisión Europea confirma que las importaciones han continuado creciendo durante el pasado año 2018.

Asimismo, dicha investigación de la CE constata un descenso brusco de las importaciones en Estados Unidos y señala la posible continuidad de este fenómeno de desviación de los flujos de acero desde Estados Unidos hacia la Unión Europea. La situación, en palabras de la propia CE, pone a la industria siderúrgica europea "bajo seria amenaza de daño".

UNESID comparte este análisis y valora muy positivamente la decisión de convertir las medidas provisionales en definitivas. Agradece especialmente al Gobierno de España el trabajo realizado durante estos meses y especialmente la adición de algunos productos no incluidos anteriormente, como ciertos tubos sin soldadura.

Las nuevas medidas incluyen también modificaciones orientadas a garantizar el suministro de los sectores que utilizan el acero, como incluir cuotas específicas para los principales países o establecer periodos trimestrales para el cálculo de algunas de estas.



Las medidas permiten la entrada sin arancel de productos hasta completar una cuota que será superior a la media de los años 2015-2017. Sólo cuando se supera esa cuota se gravan las importaciones con un arancel del 25%.

Durante 2018, bajo las medidas provisionales, las cuotas solo se han completado en un número limitado de productos y al final del periodo. UNESID, por tanto, ve claro que las medidas de salvaguardia no suponen una restricción ni limitan los flujos de importación tradicionales que podrán continuar en los próximos años como hasta ahora.

Algunas de las medidas aprobadas podrían haberse diseñado con mejor acierto, especialmente el aumento anual de la cuota en un 5% o el tratamiento a países que se autodeclaran en vías de desarrollo pero cuya cuota de importación es relevante, mayor del 3%.

Aun así, UNESID confía en que durante su vigencia hasta 2021, las medidas sirvan para evitar aumentos injustificados de importaciones que causen un daño mayor a la industria europea, y espera que se puedan mejorar en caso de resultar insuficientes.



HORNOS DE INDUCCIÓN

PARA FORJA INDUCTOFORGE DE INDUCTOTHERM



MODO STAND-BY:

MINIMIZA LOS RECHAZOS EN PARADAS Y ARRANCADAS



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



Fernando Espada, nuevo presidente de EUROMETAL

a Asamblea General de EUROMETAL ha elegido a Fernando Espada, CEO de Layde Steel (grupo Tata Steel Europe) como nuevo presidente.

Fernando Espada es licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad del País Vasco, MBA por el ESIC y máster en economía internacional por la Universidad de Amsterdam.

Con más de veinte años de carrera profesional, una amplia experiencia internacional y el conocimiento de cinco idiomas, Espada ha sido miembro del Consejo de Dirección de UNESID y continúa participando activamente en la asociación.



Con esta incorporación, EUROMETAL como asociación que reúne a los almacenistas y centros de servicio del acero europeos, adquiere la capacidad de Fernando Espada para identificar y afrontar los retos a los que se enfrenta la distribución de acero en los próximos años.





FÓRUM TÉCNICO DE TRATAMIENTO TÉRMICO

TECHNICAL FORUM ON HEAT TREATMENT



17 de octubre

October 17th

IK4-AZTERLAN (Durango)









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 noviembre un decremento del 1,7% respecto al mismo mes del año anterior, tras el aumento del 2,8% registrado en el mes anterior; en la serie original disminuyó un 1,7% en octubre, casi ocho puntos porcentuales menos que el registrado en octubre. En el tercer trimestre del año, el índice en su serie corregida se anota un incremento del

2,4%, 1,3 puntos porcentuales menos que en el trimestre anterior. En lo que va de año, se anota un aumento del 2,7% en la serie corregida de calendario (4,3% en 2017), y un 3,2% en la serie original (4,3% en 2017).

Por ramas de actividad en el mes de noviembre, cabe anotar en la serie corregida de efecto calendario, un comportamiento heterogéneo de las diferentes actividades; destaca la caída de la fabricación de vehículos a motor por tercer mes consecutivo, y en la metalurgia y fabricación de productos de hierro y de acero, y ferroaleaciones.

INDICADORES DE ACTIVIDAD DE LA INDUSTRIA DEL METAL

Códigos CNAE 2009. Base 2015=100

% sobre mismo período del año anterior y sobre	% variación - Índices de Producción			% variación - Índices de Cifra de Negocios			% variación - Índices de Entrada de Pedídos		
series corregidas de efecto calendario.	nov-18	oct-18	oct-18 ENE-NOV 18	nov-18	oct-18	ENE-NOV 18	nov-18	oct-18	ENE-NOV 18
24. Metalurgia, fab. productos acero, acero y ferroaleaciones	-3,0	1,4	1,5	-3,4	1,8	8,8	-10,3	-0,9	6,9
25. Fab. prod metálicos exepto maquinaria y equipo	-0,6	-0,3	2,0	0,2	2,8	4,2	-3,4	4,0	3,1
26. Fab. prod. informáticos, electrónicos y ópticos	9,3	19,9	9,3	3,7	7,4	4,4	6,7	6,7	4,5
27. Fabricación de material y equipo eléctrico	0,2	6,4	4,8	4,2	10,4	11,5	11,5	11,6	8,6
28. Fab. de maquinaria y equipo n.c.o.p. (*)	1,1	6,4	4,5	2,0	4,1	4,9	8,0	5,0	3,6
29. Fab. vehículos de motor, remolques y semirremolques	-7,8	-2,0	-0,8	-13,8	-7,3	0,3	-8,3	-2,2	0,7
30. Fabricación de otro material de transporte	2,6	15,5	5,6	39,8	19,5	10,3	684,2	45,4	92,9
33. Reparación e instalación de maquinaria y equipo	-0,7	-1,1	5,5	5,1	14,0	3,1	13,2	8,4	1,9
Industria del Metal	-1.7	2,8	2,7	1,0	3,6	4,8	74,9	5,9	10,7

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

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, aumentó en noviembre un 1% (provisional), tras el 3,6% de octubre. En el tercer trimestre se registró un crecimiento del 4,6%, 1,4 puntos porcentuales menos que en el trimestre anterior. En el acumulado del año, se anota una tasa de variación positiva del 4,8% (7,7% en 2017). La evolución de la cifra de negocios, según las ramas de actividad del Metal en el mes de noviembre, ha sido dispar. Destaca el comportamiento positivo de la fabricación de otro material de transporte.

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 incremento en noviembre del 74,9% (provisional), tras el incremento del 5,9% registrado en octubre, acumulando así en lo que va de año, un incremento del 10,7% (7,4% en 2017).

En el tercer trimestre, la tasa de variación de la serie corregida fue de un -2,1%, 8,7 puntos porcentuales menos que en el segundo trimestre. La evolución de la entrada de pedidos en el mes de noviembre ha sido diversa; destaca la tasa positiva en la rama de fabricación de otro material de transporte, debido al repunte en el sector de la construcción naval.

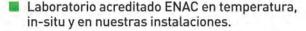
Comercio Exterior

Las exportaciones del Sector del Metal en noviembre disminuyeron un 5,7% en comparación al mismo mes del año anterior, frente al incremento registrado en octubre, del 9,2%. En el acumulado del año, se incrementan un 1,3%, en comparación al mismo periodo del año anterior. Por su parte, las importaciones del Metal aumentaron en octubre un 4,8%, frente al 5,6% de octubre, con lo que acumulan en lo que va de año un incremento del 3,6%, en comparación al mismo periodo del año anterior. La diferencia de exportaciones e im-

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.





- 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.



www.sciempresa.com





portaciones da como resultado un saldo comercial negativo de -788,5 millones, acumulando en los diez primeros meses del año un déficit de -8.548 millones (-5.725 en 2017).

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

Mercado Laboral

El número de afiliados a la Seguridad Social en la Industria del Metal alcanzó en el mes de diciembre de 2018 la cifra de 768.345 personas, lo que supone 3.639 personas menos con respecto al mes anterior y 13.799 más que en el mismo mes del año anterior. En términos relativos, se anota un incremento del 1,8% interanual, una décima menos que el registrado en noviembre. Se alcanza así un promedio anual de 768.926 afiliados, un 3,6% 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 mensualmen-

te 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 enero de 2019 fue 107,35 puntos, lo que supone una variación del -1,26% respecto al dato de diciembre de 2018 (108,72). Con respecto al mismo mes del año anterior, el Índice de Precios ha bajado un -2,94%.

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

AÑO 2018	JUL	AGO	SEP	ост	NOV	DIC
- Perfiles estructurales (HEB)	154	156	152	159	153	153
- Perfiles comerciales (angulares)	158	158	158	150	146	156
Corrugado	160	162	160	152	151	155
- Chapa laminado frio	164	164	164	161	158	153
- Chapa laminado caliente	183	183	189	180	178	171
- Chapa galvanizada	164	164	167	161	159	153
- Tubos decapados	141	141	147	144	141	139

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

ÍNDICE DEL PRECIO P	ARA EL A	CERO C	ORRUGA	DO		
Índice Base enero 2014 = 100	AGO-18	SEP-18	OCT-18	NOV-18	DIC-18	ENE-19
INDICE	109,22	109,24	107,75	106,99	108,72	107,35
% var. con respecto al mes anterior	1,91%	0,02%	-1,36%	-0,71%	1,62%	-1,26%
% variación con respecto al mismo mes del año anterior	11,28%	6.66%	5.34%	4.05%	4,02%	-2,94%

Propuestas laborales para reindustrializar la economía española

Por Confemetal

n las últimas décadas la industria española ha ido perdiendo peso, tanto en términos de PIB, como de empleo. Desde 1977 su presencia en la economía se ha reducido casi a la mitad, pasando de un Valor Añadido Bruto del 32,6%, a un 18,1% en 2017.

Sin embargo, la industria española es particularmente competitiva en sectores como el alimenticio, el de infraestructuras, o el del Metal y, además, existe un amplio margen para su mejora y crecimiento, si se les da el apoyo adecuado. También es fuerte en subsectores como la electrónica, TIC, maquinaria y equipo mecánico, además de en otros sectores como el químico y el farmacéutico, o el de fabricación de vehículos, pero el gran reto de la industria española pasa por no perder el tren de la Industria 4.0, el de la reindustrialización.

Tras decaer paulatinamente peso en el PIB en las últimas décadas, a la industria española le toca urgentemente adaptarse a las nuevas tecnologías, a la digitalización y a la robótica, y aumentar el tamaño de las empresas para que éstas ganen competitividad.

Para lograr el objetivo de la reindustrialización, el marco normativo laboral es clave. En los últimos años se llevaron a cabo importantes reformas debido a la situación económica de crisis que padecimos. Ahora estamos ante un escenario diferente, a pesar de los nubarrones, la economía española ha crecido, hay recuperación de posición de las empresas y también creación de empleo. Por ello, es éste el momento de emprender nuevos cambios, ya que si queremos avanzar en esa línea, que tan buenos frutos ha dado, es necesario mejorar la competitividad de las empresas, para lo que es imprescindible que nuestra normativa se mueva en una doble línea de seguridad jurídica y de fle-

xibilidad. Desde Confemetal apostamos claramente por el diálogo social y los acuerdos en todos los niveles y ámbitos.

No es éste el momento de la involución, la contrarreforma laboral que algunos piden nos retrotraería a épocas pasadas. La industrialización requiere medidas concretas, nuevos escenarios de flexibilidad que produzcan efectos inmediatos y posibilidades reales de evaluación, que permitan conocer la eficacia de los mismos.

Es innegable que el sector industrial y, en concreto la Industria del Metal, han tenido en los últimos siglos una enorme relevancia en todos los aspectos de la vida, tanto de las personas, como de los países, marcando una quiebra con el pasado y sentando las bases del desarrollo humano posterior. Los países más industrializados eran y son, en general, los más prósperos y estables. La envidia de los demás.

La Industria es un sector que tiene además un efecto tractor, ya que posibilita el crecimiento y desarrollo de otros muchos sectores y zonas geográficas, generando también empleos estables y de calidad, ya que la mayoría de las actividades productivas tienen una tendencia constante, sin apenas estacionalidad.

Las empresas industriales tienen, igualmente, una enorme capacidad innovadora en pro de mejorar su productividad y, por lo tanto, de influir en la sociedad de múltiples maneras

Ahora bien, a pesar de esas bondades, en las últimas décadas asistimos, como se ha señalado, a una disminución, a un declive de la industria, en la UE y en España.

En nuestro país la industria supone un 16,3% del PIB, un punto por debajo de la media de la UE que se sitúa en el

17,6%. La UE pretende que en 2020 la industria genere el 20% del PIB. En España estamos lejos de esa cifra, por lo que cada vez somos más los que clamamos a los poderes públicos un adecuado desarrollo regulatorio y normativo, que impulse la innovación como eje vertebrador de las políticas que impulsen la revitalización de la economía.

Las empresas deben tener un precio competitivo de la energía, un precio equivalente al que soportan en otros países europeos. Debería definirse un precio de la energía industrial que saque del recibo los costes ajenos al suministro eléctrico y llevarlo a los Presupuestos Generales del Estado para no penalizar la competitividad.

Los salarios de la industria son un 17% superiores a la media de la economía y han demostrado un mejor comportamiento durante la crisis. Además, las condiciones laborales son mejores a las del resto de sectores. Según la Encuesta de Costes Laborales del INE, en el tercer trimestre de 2018 el coste laboral por trabajador y mes en la Industria era de 2.975,11 Euros, mientras que en la Construcción era de 2.514,90 euros y en los Servicios de 2.412,76 Euros.

La tributación empresarial en España está seis puntos por encima de la media europea. Las empresas no solo pagan el Impuesto sobre Sociedades. De hecho, del 46,9% de presión fiscal que soportan las empresas españolas, la mayor carga fiscal (el 35,6%) deriva de las cotizaciones sociales, seguido de Sociedades (10,6%) y otros impuestos (0,7%).

Así pues, reindustrializar la economía española, requiere reformas normativas de toda índole. Por lo que se refiere a las de ámbito laboral, es necesario que las que se adopten sean flexibles y prácticas, para que contribuyan a reducir, en situaciones de crisis o caídas de la producción, el número de despidos favoreciendo la movilidad dentro de la empresa o la flexibilización de las condiciones de trabajo, así como de una regulación flexible de los despidos colectivos sencilla, eficaz y que aporte certidumbre jurídica a la hora de afrontar estos procedimientos.

La globalización ha propiciado el fenómeno de la deslocalización, principalmente en la Industria, lo cual, unido a la digitalización y a la llamada "cuarta revolución industrial", configuran un contexto, en términos económicos y de empleo, fuertemente dependiente de las competencias S-TEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), de las competencias digitales, de la innovación y del emprendimiento, por ello, requiere y traslada nuevos requerimientos y responsabilidades, tanto a los sistemas de educación y formación, como a los mecanismo de transición de la educación al empleo, que inevitablemente deben adaptarse a los retos y exigencias del futuro laboral. Debe pues modificarse el modelo de formación profesional para el empleo, corrigiendo el enfoque reglado o educativo en la formación en el trabajo, para que sirva de forma eficaz a los objetivos de producción de empleo.

En esta materia es esencial aumentar el protagonismo de las empresas, que son quienes lo financian en su práctica totalidad, decidiendo qué formación necesitan, eligiendo libremente los centros de formación y recuperando el 0,6% aportado en concepto de cuota de formación profesional. Además, son las propias empresas las que conocen sus necesidades específicas y las cualificaciones que precisan sus trabajadores, por lo que la formación debería dejarse en manos de las organizaciones empresariales que las representan, en función del sector de actividad de cada familia profesional o del tamaño de las empresas.

Debería potenciarse el contrato a tiempo parcial como un contrato ordinario en el que la única diferencia fuera el disponer de una jornada inferior a la habitual, o al menos posibilitar una distribución más flexible del tiempo de trabajo.

El art. 1.2 del ET regula el concepto de empresa o empresario, pero no determina cuando existe grupo de empresa, por lo que debería clarificarse esta figura, determinando un concepto laboral diferente al mercantil o fiscal.

En relación con la contratación y el régimen de bonificaciones, en nuestro ordenamiento existen numerosos modelos de registro de contratos en los servicios públicos de empleo, pero lo importante para las empresas no es que existan múltiples modalidades de contratación, sino que éstas sean flexibles, universales en su aplicación, permanentes en el tiempo y que favorezcan la estabilidad en el empleo.

La formación es clave para nuestros jóvenes y la industria los necesita. Debería regularse un contrato para su inserción en el mercado laboral, un contrato indefinido o temporal con la posibilidad de que el salario sea inferior al del convenio colectivo que les sea de aplicación, implementado a través de la negociación colectiva y con una indemnización por cualquier tipo de extinción reducida.

Respecto a los supuestos de formación profesional dual, es necesario flexibilizar los tiempos de desempeño de la actividad formativa y rediseñar los programas para que se acomoden a las pequeñas y medianas empresas, y contemplar medidas para que dicha formación sea compatible con la percepción de ayudas a la cotización o subvenciones a las empresas.

El Decreto de 26 de julio de 1957, vigente aún aunque parezca increíble, que establece la prohibición de realizar trabajos en actividades e industrias determinadas como peligrosas a los jóvenes mayores de 16 años y menores de 18, entre ellas buena parte referidas a la Industria del Metal, debería revisarse, ya que impide la realización de prácticas formativas, lo cual es incongruente, siempre que se garantice, como es lógico, la adecuada protección de la seguridad y salud de éstos.

La externalización de actividades empresariales, bien atendiendo a criterios de mayor especialización o como fórmula para reducir costes productivos y poder competir con éxito, es algo cada vez más generalizado en el mercado, por lo que su restricción no favorece a las empresas. La regulación del art. 42 ET debería limitarse a establecer reglas que eviten el vacío convencional en la regulación de las condiciones de empleo de los trabajadores de la contrata, para lo cual debe regularse mejor la cesión ilegal de trabajadores entre las empresas o estableciendo límites, pero no suprimiendo la prioridad aplicativa del convenio de empresa, desde luego no aplicar a los trabajadores de la contrata las condiciones laborales y de empleo de la empresa principal cuando existan otras fuentes convencionales que puedan ser de aplicación a las relaciones laborales de la contrata.

Introducir en nuestro ordenamiento una regulación que no considere como contrario al principio de igualdad ni discriminatorio, los supuestos en los que por convenio o acuerdo colectivo se pacte el mantenimiento de determinadas condiciones de trabajo, como derechos individuales de los trabajadores contratados con anterioridad a una determinada fecha, siempre que se den determinadas condiciones, como, por ejemplo, que suponga creación de empleo o que sea una situación temporal.

El desarrollo del talento en este contexto adquiere un papel central, ya que se requieren nuevas capacidades para afrontar los principales desafíos de la Industria 4.0 y de la digitalización en términos generales.

En definitiva, una normativa laboral flexible, que permita y favorezca la competitividad, es esencial en el necesario proceso reindustrializador que España debe emprender.

Por todo ello, fortalecer la competitividad del tejido productivo, fomentar la inversión industrial en zonas amenazadas por la despoblación, impulsar la incorporación de tecnologías de Industria 4.0 a la actividad productiva o promover la sostenibilidad de la actividad industrial contribuyendo al desarrollo de la economía circular, son los grandes retos que la Industria española necesita, así como unas condiciones laborales que favorezcan la productividad y la competitividad de la misma, como sería reducir las cotizaciones sociales, apostar por la flexibilidad interna como alternativa a la externa e impulsar la adaptación de la negociación colectiva a las necesidades de las empresas.







HORNOS DE TRATAMIENTO - MAQINAS DE INDUCCION - QUEMADORES





EQUIPOS DE PVD - Y - PACVD





UTILLAJES - PARRILLAS - CESTAS





PINTURAS ANTICEMENTANTES - ANTINITRURANTES





DISEÑO Y CONSTRUCCION







HORNOS DE LABORATORIO E INVESTIGACION







SERVICIO TECNICO

REPUESTOS PARA HORNOS IPSEN

TECNICAS EN HORNOS HOT S.L.

Poligono Ibaiondo Pabellón nº 13 20120 Hernani - Spain TF: +34 943 33 72 33 Fax: +34 943 33 72 34 Mv.: +34 609 20 00 90

e-mail: hot@tecnicashot.com

Aceros finos de construcción al carbono (continuación Parte III)

Por Manuel Antonio Martínez Baena, Ingeniero Metalúrgico

3.1.3. Temple y revenido. Bonificado

Uno de los inconvenientes principales que presentan los aceros al carbono, cuando éstos se utilizan en estado bruto de forja o de laminación, -incluso recocidos o normalizados-, deriva de su propia estructura; que no es, en efecto, la más adecuada para trabajos de fatiga, ya que con dicha estructura no se alcanza el mejor compromiso de resistencia mecánica, de ductilidad y de tenacidad. Por lo que, cuando hay gran interés en mejorar esos resultados, particularmente, en los aceros con un contenido medio de carbono superior de 0.30 por 100 [$\mathbf{C} = (0.32 \div 0.55\%)$], el material correspondiente se ha de utilizar templado y revenido alto: **bonificado**. A igual resistencia, el límite elástico obtenido en los aceros al carbono bonificado es muy superior al de esos mismos aceros que sólo han sido normalizados. Lo mismo ocurre con la tenacidad, para un mismo nivel de resistencia a la rotura alcanzado, los valores de resiliencia y de ductilidad son, también, más elevados.

Cuando las piezas son de geometría simple y de cierta dimensión, que puedan templarse en agua sin que exista la posibilidad de agrietamiento; conviene, entonces, bonificarlas aunque se sepa de antemano —por su sección transversal y masa— que no alcanzarán la estructura lo suficientemente correcta para lograr las mejores características mecánicas.

Dada la relativa irregularidad de características y propiedades, que el tratamiento de bonificado confiere a los aceros al carbono —en piezas de mediana y más grande sección transversal o espesor—; éstos, preferentemente, se utilizan incorporado ya el tratamiento térmico de normalizado. Se renuncia de antemano, pues, a una cierta garantía de tenacidad, sustancialmente menor a la que se puede obtener en los aceros aleados de construcción mecánica.

Los aceros aleados de construcción alcanzan mayores y regulares características, como consecuencia de su mayor templabilidad y moderada velocidad crítica de temple, ya que el contenido de aleación facilita un tratamiento térmico de bonificado más regular y sencillo. En los aceros simplemente al carbono, cuando es fundamental conseguir características superiores a las que se tienen en su estado natural y/o las que se alcanzan mediante el tratamiento térmico de normalizado hay que recurrir, sin más remedio, al tratamiento térmico de temple con enfriamiento en agua, seguido después de un revenido previo a temperatura relativamente alta: **bonificado**.

El temple de los aceros al carbono se realiza calentando el material a temperaturas variables, comprendidas entre 840 y 900 °C; temperaturas éstas superiores a la del punto crítico $Ac_{3,}$ [Ac_{3} + 20 °C] del acero correspondiente y enfriándolo, seguidamente, en agua fría; para alcanzar, al menos en superficie, velocidades de enfriamiento por encima de la crítica de temple; **figura 3.15**.

El temple con enfriamiento en aceite se realiza a más alta temperatura [Ac₃ + 50 °C]; práctica ésta de uso muy restringido, que se suele utilizar cuando se quiere evitar potenciales deformaciones y grietas en piezas de difícil diseño y geometría complicada, pero con la certeza de no conseguir, por entero, una estructura totalmente martensítica, más bien se obtienen estructuras intermedias: bainita, troostita, perlita, etc.

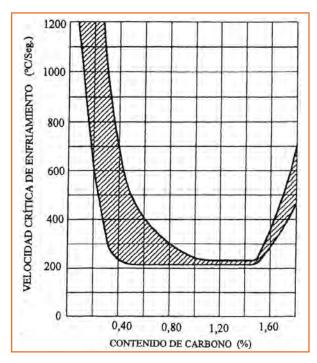


Figura 3.15. Diagrama de la velocidad crítica de temple de los aceros al carbono.

El tratamiento térmico de revenido se realiza calentando las piezas, previamente templadas, a temperaturas variables comprendidas entre 500 y 650 °C, enfriándolas después al aire ambiente; **tabla 3.III**. La mejora aportada mediante el temple y revenido alto depende, en gran medida, de la tasa de martensita obtenida enen su masa matricial; cantidad ésta supeditada, sustancialmente, al tamaño de las piezas y al contenido de carbono del acero templado; **figura 3.16**. Cuanto mayor sea la cantidad

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	CONTENIDO MEDIO DE CARBONO [%]					
MECANICAS	0,25	0,35	0,45	0,55		
Resistencia (R) MPa	620	680	750	800		
Limite Elástico (LE)) MPa	470	520	620	650		
Alargamiento (A%), 7,25 d	20	18	16	15		
Resiliencia (p) Kgm/cm ²	19	18	14	12,50		

Tabla 3.III. Resultados medios obtenidos de los principales aceros según su contenido de carbono. Probetas: temple en agua + revenido a 630 °C con enfriamiento en aire ambiente.

de martensita formada, tanto más elevadas serán las características mecánicas obtenidas después en el revenido Para ello hay que tener en cuenta estas dos variables: (1) la templabilidad del acero; y (2) el efecto de masa.

Los aceros al carbono, como ya hemos indicado, son muy propensos al efecto de masa; circunstancia ésta por la cual las propiedades mecánicas en una misma pieza de cierto espesor o sección transversal, varían significativamente; las características mecánicas que se obtienen, obviamente, son mucho menores y heterogéneas en el núcleo que en la superficie y/o cerca de ella. La templabilidad de los aceros al carbono disminuye a medida que aumenta el espesor o la sección transversal de la pieza en tratamiento y sea más bajo, también, el contenido de carbono; **figura 3.17**.

Hay que señalar, no obstante, que a pesar de lo antes indicado no es conveniente templar en agua aceros con contenido de carbono superior al 0,40 por 100 ($\mathbf{C} > 0,40\%$), ya que existe un alto riesgo eminente de defor-

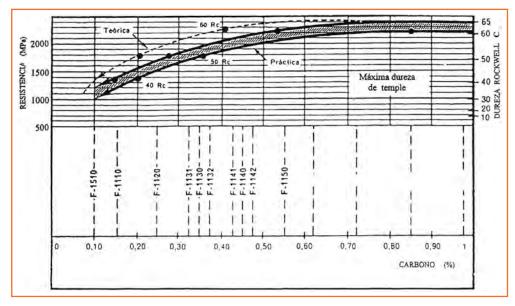


Figura 3.16. Resistencias y durezas teóricas y prácticas de temple de los aceros al carbono según el contenido en carbono.

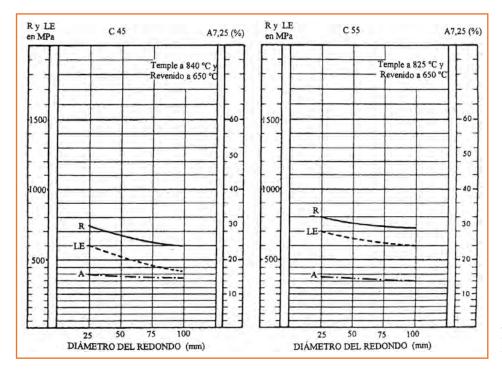


Figura 3.17. Variación de las características mecánicas de dos aceros bonificados al carbono –**C 45** y **C 55**– en función de su contenido al carbono y de su sección transversal: **efecto de masa**.

maciones y de eventuales grietas en las piezas afectadas. Los aceros al carbono de mayor utilización, generalmente, suelen tener contenidos de carbono superiores al 0,30 por 100 [$\mathbf{C} = (0,32 \div 0,55\%)$].

Hemos de recordar, también, que la cantidad o contenido de carbono en el acero no es el único factor de riesgo, del temple en agua de tales aceros. Existen otros factores que son debidos al contenido no controlado de elementos tales como: el manganeso (**Mn**), el silicio (**Si**), y el fósforo (**P**); y, preferentemente, a los riesgos originados por la presencia de altos contenidos de otros elementos "residuales" [(**Ni** > 0,30%); (**Cr** > 0,30%); (**Mo** > 0,10%); etc.] aportados, involuntariamente, que aumentan la templabilidad y, con ello, el peligro potencial de grietas en las piezas cuando éstas se templan, enérgicamente, en agua.

El tamaño de grano juega, asimismo, un papel importante en este sentido, ya que los aceros con tamaño de grano grueso alcanzan mayor templabilidad como se puede observar en la **figura 3.18**; el aumento del tamaño grano desplaza hacia la derecha la curva de la "S" y por ello aumenta la templabilidad del acero. Esto contribuye a una mayor sensibilidad a las deformaciones y a un eventual aumento de grietas de temple.

Por los argumentos expuestos, cuando una serie de piezas necesiten, ineludiblemente, ser templadas en agua se debe utilizar en la fabricación de las mismas, aceros

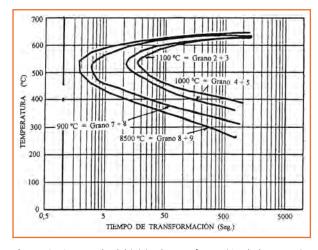


Figura 3.18. Retardo del inicio de transformación de la austenita en martensita de un acero al carbono eutectoide. El aumento del tamaño de grano desplaza, en este caso, la curva de la "**S**" hacia la derecha.

de grano fino, es decir, aceros con tamaño de grano controlado: tamaño $\bf 6$ y $\bf 8$ de la escala $\bf ASTM$. Por el contrario cuando las piezas se han de templar en aceite, es aconsejable utilizar en lo posible aceros con contenido en carbono medio/alto [$\bf C=(0,45\div0,50)$] y con un tamaño de grano relativamente grueso. Tamaño de grano normalmente comprendido entre $\bf 4$ y $\bf 6$ $\bf ASTM$; para que su relativa mayor templabilidad compense, en cierto modo, las condiciones de enfriamiento menos severas que implica el temple en aceite.

mer commence	nsita- EN EL NÚCL	
Acero		náximo (mm) Temple en aceite
F-1131 (C 32)	15	
F-1130 (C 35)	15	6
F-1132 (C 37)	20	9
F-1141 (C 42)	22	14
F-1140 (C 45)	23	15
F-1142 (C 47)	25	16
F-1150 (C 55)	28	18

Tabla 3.IV. Diámetros máximos con los que se consiguen estructuras de temple aceptables [50% *de martensita*] en el núcleos de las piezas. Temple en agua y en aceite.

En la **tabla 3.IV** se señala, a título informativo, para cada uno de los aceros en cuestión, los diámetros en los que se consiguen estructuras de temple industrialmente aceptables –cincuenta por 100 (**50**%) de martensita—en el núcleo de las piezas, templadas en agua y en aceite. Tales valores son aproximados, y deducidos de la equivalencia entre los puntos de la **probeta Jominy** y el centro de redondos templados con idéntica velocidad de enfriamiento.

3.1.4. Temple superficial de los aceros de medio y alto carbono

Precisamente esa baja templabilidad de los aceros de construcción al carbono en general, los hace muy adecuados para el temple superficial, ya que aplicando el temple por inducción, el temple a la llama y/o el láser se consigue, en las piezas correspondientes, capas superficiales de algunos milímetros con alta dureza y un núcleo tenaz; añadiendo las ventajas que a continuación enumeramos:

- Costo del acero relativamente bajo.
- Distorsiones, prácticamente, nulas al aprovecharse una mínima parte del volumen de la pieza tratada. Sólo se transforma en martensita dura una cierta profundad de capa superficial.
- Facilidad de mecanizado, en la práctica casi todos los aceros al carbono se mecanizan relativamente bien.
- Alta resistencia a la fatiga de la capa inducida.

La excelente resistencia a la fatiga del material templado por inducción se debe, no sólo a las elevadas durezas superficiales alcanzadas sino, también, a la capa dura sometida a eventuales tensiones de compresión; **figura 3.19**.



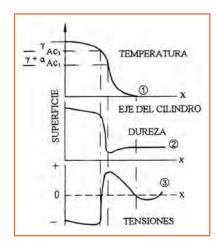


Figura 3.19. Curvas características de la capa superficial endurecida de un cilindro de acero al carbono templado por inducción (1) temperatura de temple; (2) de dureza de temple; y (3) de tensiones superficiales de temple.

En la bibliografía se cita una comparación de empleo entre tres aceros para la fabricación de un eje de transmisión de automóvil. El costo relativo por pieza fue:

- Acero de media aleación, cementado, templado y revenido. Costo relativo = 100.
- Acero de media aleación, templado y revenido. Costo relativo = 83.
- Acero al carbono (C = 0,47%), normalizado y después templado por inducción. Costo relativo = 66.

El acero al carbono obtuvo la mayor resistencia a la fatiga y, como se puede apreciar, el mínimo costo.

3.2. Aceros al carbono calibrados por estirado

El calibrado por estirado, como es sabido, es una operación de transformación en frío mediante la cual el material laminado en caliente —barras y rollos—, después de sufrir un decapado que elimina la cascarilla y el óxido superficial provenientes de la laminación en caliente; luego, ya en el banco de estirado, se ve forzado —mediante esfuerzos de tracción— a pasar a través de una hilera cuyo diámetro de paso es menor que el diámetro del material laminado en origen; figura 3.20.

Los aceros al carbono adquieren por estirado en frío, durezas y resistencias tanto más elevadas cuanto mayor sea el grado de deformación y mayor sea, también, su contenido en carbono. En la **figura 3.21** se pone de manifiesto el aumento, en tanto por 100 (%), del límite elástico (**LE**) y de la resistencia a la rotura (**R**); al mismo tiempo que disminuye la estricción (**Z**) y el alargamiento (**A**). Los aceros de construcción al carbono calibrados por estirado, ofrecen una solución económica a la fabri-

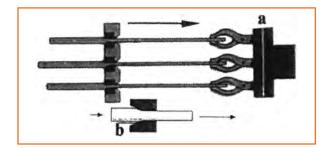


Figura 3.20. Representación esquemática del proceso de calibrado en frío: (a) banco de calibrado con tres líneas de estirado; (b) detalle hilera de calibrado en frío.

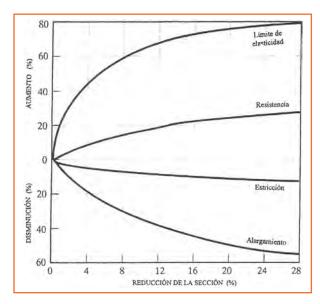


Figura 3.21. Modificación de las propiedades mecánicas de tracción en barras de aceros al carbono Ø 25 mm estiradas en frío y con distintos grados de reducción (%).

cación de gran cantidad piezas y elementos constructivos, ya que además de asegurar una superficie lisa, pulida y uniforme, alcanzan características de resistencia mecánica y límite elástico, prácticamente, semejantes a las de los propios aceros templados y revenidos.

Pero a iguales valores de características —resistencia y límite elástico— presenta, sin embargo, frente a ese mismo aceros en estado de bonificado una más baja tenacidad, menor alargamiento y, también, menor estricción. La dispersión de los resultados de características obtenidos en los aceros calibrados es, asimismo, mucho mayor que en los aceros bonificados.

Las características mecánicas que suelen presentar las barras y varillas de acero al carbono, después de haber sufrido un proceso de calibrado en frío, están indicadas en la **figura 3.22.** Comparadas con las de los aceros ordina-

rios, en estado bruto de laminación y/o con tratamiento térmico de normalizado, se observa que, para una misma composición los aceros estirados en frío tienen mayor resistencia (**R**) y un más bajo alargamiento (**A**).

Como dato significativo podemos indicar que la relación límite elástico y resistencia, que en los aceros con tratamiento térmico de normalizado es de un 60 por 100 [LE/R = 60%]; en los aceros bonificados es aproximadamente de 75 por 100 [LE/R = 75%]; y en los aceros estirados en frío pasa con frecuencia del 80 por 100 [LE/R ≥ 80%]; figura 3.23. Circunstancia ésta por la que la mayoría de las piezas y elementos mecánicos de cierta o poca responsabilidad, fabricados con de aceros al carbono calibrados por estirado en frío, se utilizan normalmente sin tratamiento térmico previo.

Tenemos, sin embargo, que aclarar que es aconsejable realizar, después del estirado en frío de las barras, un recocido subcrítico de distensión con el objeto de neutralizar las tensiones residuales producidas en el calibrado. En efecto, el calibrado por estirado en frío produce

tensiones residuales de tracción en la periferia del material, y tensiones de compresión en el núcleo del mismo. Si estas diferencias no se anulan mediante un recocido subcrítico de distensión, las piezas de cierta esbeltez se deformarían muy mucho en los procesos de mecanizado y hechurado de las mismas.

3.2.1. Alambres y flejes de aceros al carbono

Las aplicaciones de los alambres de acero fino al carbono son muy interesantes. Como aplicaciones importantes, se han de resaltar los alambres denominados "cuerda de piano" con una resistencia que puede alcanzar hasta 2.500 MPa, en diámetros muy reducidos, una vez que han sufrido el tratamiento isotérmico de patentado y posterior trefilado. Alambres que, normalmente, se utilizan: (1) en muelles especiales y otras piezas que tienen que soportar grandes cargas; y (2) en muelles para válvulas de motores de combustión interna, que se fabrican con aceros de alto carbono [$\mathbf{C} = (0,60 \div 080\%)$], etc.

Otras aplicaciones de los alambres fabricados con ace-









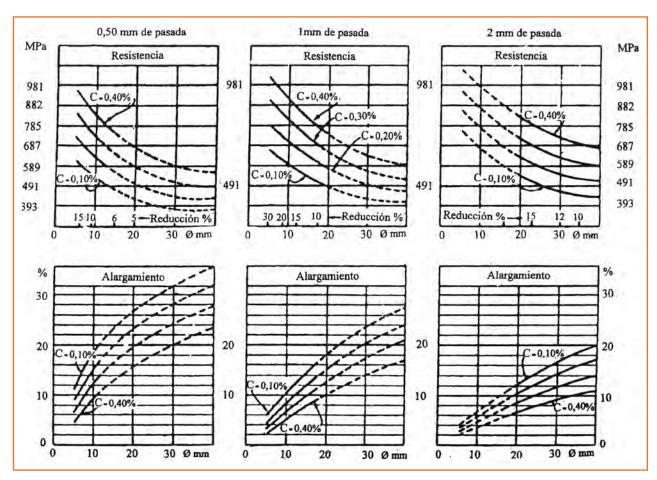
Abrasivo de acero de alta calidad para granallado.

La tecnología de Ervin para abrasivos con alto contenido de carbono es la más avanzada del mundo. Ervin fabrica sus productos en Alemania y el Reino Unido de acuerdo con los estándares internacionales SAE e ISO. Nuestro proceso de producción, completamente controlado, garantiza productos uniformes con una microestructura martensítica templada. Los estrictos controles de calidad, combinados con un proceso de producción líder, reducen el consumo y aumentan la transmisión de energía de la granalla, proporcionando el mejor resultado para nuestros clientes.

Stand Hall 15/B25







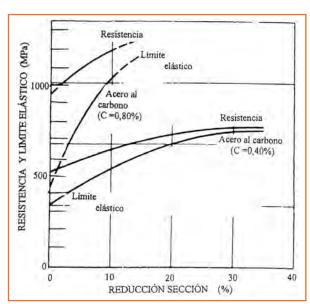


Figura 3.23. Características mecánicas de tracción de aceros al carbono que han sufrido trabajos de estirado en frío. Se observa que el endurecimiento por deformación en frío aumenta más los valores del límite elástico (**LE**) que los de resistencia (**R**); y ambos tiende al valor verdadero de la resistencia a la rotura cuando el grado de deformación en frío se incrementa.

Figura 3.22. Resistencia y alargamiento de barras calibradas en frío de Ø 5 a Ø 40 mm de aceros con 0,10 a 0,40% de carbono [$C = (0,10 \div 0,40\%)$]. Barras calibradas mediante pasadas variables desde 0,50 a 2 mm.

ros finos de medio y alto carbono son: alambres para cables en general, alambres para refuerzos de neumáticos, alambres para tornillería estampada en frío, alambres para radios, etc.

Entre los **flejes** laminados en frío y obtenidos, normalmente, de pletinas y bandas laminadas en caliente, podríamos citar: (1) flejes y bandas para embutición profunda, de aceros de bajo y medio carbono; (2) flejes de medio y alto carbono para muelles en general; y un largo etcétera.

Por ser, normalmente, estos productos de reducido espesor la templabilidad tiene relativa importancia, ya que, en la práctica, todos los flejes fabricados con acero de medio y alto carbono —por su poco espesor y forma—se pueden templar, sin ninguna dificultad, enfriándolos en baños de aceite.

(Continuará)





Fórum de ARCAS

Por Juan Martínez Arcas



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

> Por carta: Goya, 20, 1° - 28001 Madrid Teléfono: 917 817 776 E-mail: pedeca@pedeca.es

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

2ª PREGUNTA

Ante todo muchas gracias por la atención prestada en el tema. A continuación las respuestas a las preguntas pendientes:

- 1. Tipo de material a cortar y espesor.
 - El material a cortar es acero para resorte grado1.1231- C67S, dureza 180 HB en estado de recocido globular 8 y espesor 2 mm.
- 2. El acero 1.2379 como lo han solicitado (pliego de condiciones orientación fibrado de forja, dureza, etc.).
 - El acero no ha sido solicitado, el ejemplo descrito es un caso didáctico pero normalmente se disponen de planchuelas de 250 x 40 x 3.000 mm de aceros ledeburíticos con 12% de cromo grado 1.2379, en estado de laminado y recocido, con dureza de suministro menor de HB 255.
- 3. La matriz y punzón de corte en su fabricación se ha utilizado ¿la electroerosión o el oxicorte?
 - En el ejemplo descrito se prefiere la elaboración del perfil de corte del fleje por el método de elec-

troerosionado por hilo, pero el corte para la obtención de las medidas exteriores límites del semiproducto por oxicorte.

Reitermos el agradecimiento por la atención mostrada para tratar el tema en la sección de D. Juan Martínez Arcas de su revista TRATER Press.

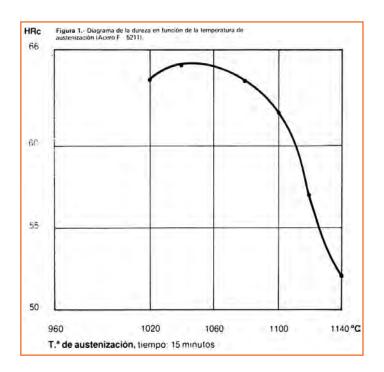
> Saludos cordiales, José Luis González Santana

Respuesta

Señor José Luis Gonzalez Santana,

Como continuación del planteamiento inicial sobre "tratamientos térmicos en vacío de matrices de corte y fabricadas con el acero 1.2379" y aclaradas algunas cuestiones que se concretaron en el número anterior de la revista TRATER Press nº 67, noviembre 2018, vamos a intentar contestar a sus tres grandes preguntas, pero que en realidad serán siete cuestiones.

En el número anterior decíamos que nos apoyaríamos en el "Documento Guía para la elección de aceros y fabricación de Moldes y Matrices".



SAE-AISI	ANTIGUA	AFNOR	UNI	EURONORMA		INE	DIN	Nº.
ans near	LHA	Arnox	VIII	MANAMA	NUMERICA	SIMBOLICA	MIN	WERKSTOFF
W1	F, 513	X C 100.			F. 5107	17	C70W2	1.1540
13	F. 523	Y100 C 6			F. 5230	100 Gr &	100 Gr &	1.2067
03	F. 521	2 200 C 12	X 205 G 12 Ku	X 210 G 12	F. 5212	X 210 G-12	X 210 G 12	1,2080
			X 21 G 13 Ku		F. 5261	- X 20 G 13	X 20 G 13	1,2082
		2 40 C 14		Table 1	F. 5263	X 40 G 13	X 42 G 13	1,2083
							2) Mn.Gr 5	1.2162
			3S Cr Mo 8 Ku		F. 5303	35 Cr Ma 7	40 G Mn Mo 7	1.2311
			5 85			a Turi	40 Gr Mn Mo 5 8 6	1.2312
			X 38 Cr M 16-1 Ku		F. 5267	X 38 Cr Mo 16	X 36 Gr Mo	1.2316
A2	F. 536	2100 CD V 5	X 100 Cr Me	X 100 Cr	F. 5227	X 100 G Mo	X100 Cr Mo	1.2363
.02	F. 520 A	Z 160 C D V 12	X 155 G V Me 12-1 Ku	X 160 Gr Ma V 12	F, 5211	X 160 G Mo V 12	X 155 Cr V Mo 121	1.2379
		105 W C 13	107 W G		F. 5233	105 W G 5	105 W a 6	1.2419
06	- 1	Z 200 C W 13	X 215 G W	10.75	F. 5213	X 210 Gr W 12	X 210 G W 12	1.2436
01	F. 522 A	90 M C V 2	95 Ma W Cr 5 Ku	95 Ma G W 5	F. 5220	95 Mn Cr W 5	100 Mn Cr W 4	1.2510
\$1	F. 524	48 W C S V 20	45 W G V		F. 5241	45 W Cr Si 8	45WGV7	1.2542
	F. 525	55 W C 20	55 W Cr V	60 W G	F. 5242	60W G 51 8	60 W G V 7	1.2550
	F. 520 R		X 165 Cr Mo W 12 Ku	36	F, 5211	X 160 G Ma V 12	X 165 Cr Ma V 12	1.2601
			II IZ NO.				54 Ni G Mo V 6	1.2711
							75 G Mo Ni W 6.7	1.2762
							X 19 Ni Cr Mo	1.2764
			40 Ni G Mo V 16 Ku				X 45 Mi Cr Mo	1.2767
			56 Si Mn 7 Ko		F. 5134	70517	70517	1.2823
			7 7			1	145 V 3 3	1,2838
02	F. 520 H	90 M V 8	90 Mn V Cr 8 Ku	90 Má V 8	F. 5229	90 Mn Cr V B	90 Ma G V B	1.2842
		100566	CI O NO		F. 2109		90 0:51 5	1.2108
M 3/2		\$ 607	-		F. 5605		5-6-5-3	1.3344
t è	F. 520 D	55 N C D V 7		50 Ni G 13	F. 5305		56 Ni Cr Mo V 7	1.2721
E 52.100	F. 131	100 0 6	100 % 6				100 Gr 6	
6.150	f. 143	50 CV 4	50 G V 4		F-8.159	50 GrV 4	50 G V 4	

1ª Cuestión:

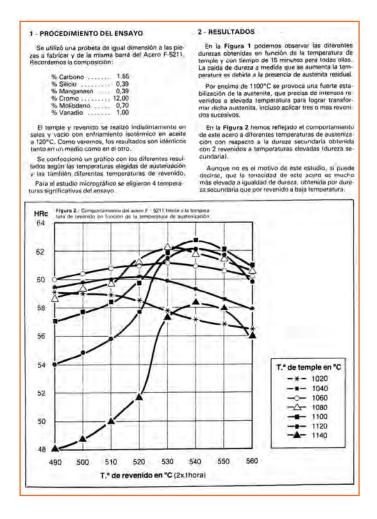
La solicitud del acero, consideramos que es técnicamente correcta. Observamos que utilizan para la designación de los aceros la nomenclatura alemana W.Nr. (adjuntamos una tabla de equivalencias con otras marcas y normas de Aceros para Herramientas para Trabajos en frío incluidas en La Guía). Utilizaremos en algún gráfico la designación equivalente al acero en 1.2379 por el F-5211 de la norma UNE.

2ª Cuestión:

Elección de la temperatura de TEMPLE.

Adjuntamos en la figura 1, el diagrama de la dureza obtenida en función de la temperatura de temple o austenización. Así mismo presentamos un procedimiento del ensayo y resultados a una probeta del acero en cuestión 1.2379 equivalente al F-5211.

Nota Importante: Seguiremos con este interesante tema en los próximos números, pueden hacer alguna observación si lo desean de lo expuesto hasta ahora.



Cronite Group se desprende del grupo Safe



os complace anunciar la compra al grupo Safe de su rama Cronite por Pierre Wittmann (CEO), junto con un grupo de más de 40 ejecutivos, y el apoyo de fondos de inversión aportados por CICLAD.

El área de negocios de Cronite, la cual se había incorporado gradualmente al grupo Safe desde 1983, es líder mundial en diseño y producción de utillajes de acero refractario, resistentes a altas temperaturas y choques térmicos.

CRONITE, líder mundial de utillajes de hornos de Tratamiento Térmico

Resistencia a los choques térmicos, con una división de piezas en aceros refractarios para la Industria Siderúrgica.

Las aleaciones a base de Cromo/Níquel han permitido a Cronite imponerse en el mercado de soportes de cargas sometidos a choques térmicos importantes. Estos soportes permiten a los componentes de nuestros clientes ser introducidos en los hornos de Tratamiento Térmico en las mejores condiciones de fiabilidad y de rendimiento. La tecnología de Cronite permite optimizar el índice de llenado de los hornos y garantiza una buena circulación de los gases en torno a las piezas.

Resistencia a altas temperaturas

Las aleaciones de Cronite están presentes donde sea necesario usar piezas metálicas que requieran resistir a temperaturas elevadas. De tal modo que encontramos aleaciones y piezas con la firma Cronite en los procesos de incineración para la valorización de residuos urbanos, en la industria petroquímica, en hornos industriales, fábricas de cemento, industrias del hierro, del acero, y del vidrio.

Estabilidad dimensional

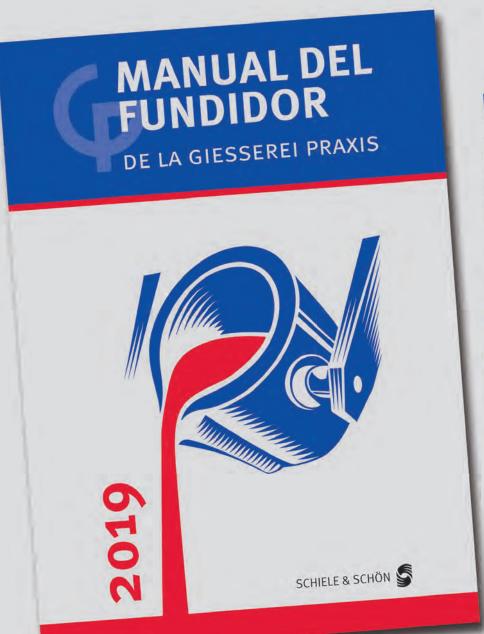
La sustitución progresiva del aluminio por materiales compuestos de fibra de carbono en la industria aeronáutica ha permitido a Cronite acceder a este universo de alta tecnología. Los moldes y prensas de alta temperatura que permiten formar estas piezas de compuestos utilizan aleaciones de Cronite cuya precisión de producción y estabilidad son indispensables para garantizar las tolerancias de las piezas formadas.

I+D continuos

El centro de I+D emprende continuos esfuerzos en investigación para aleaciones y materiales adecuados para los procesos de tratamientos térmicos. El equipo de diseñadores trabaja con modelización 3D y análisis de elementos finitos (FEA) para asegurar que utillajes específicos combinen mayor duración de vida con maximización de la carga tratada.

La marca Cronite está reconocida a través de sus entidades Cronite, Klefisch, Mancelle, NAC... y dispone de varias técnicas de producción: moldeo en arena en verde, arena química, cera pérdida, así como CFC y mecanizados.

En el 2017, Cronite logró una facturación consolidada de 74 millones de euros y emplea cerca de 800 personas. Opera 7 plantas en Francia, Inglaterra, Alemania, China, India y México y tiene un Centro de Investigaciones, Diseño y Desarrollo en la República Checa. Sus oficinas de ventas en Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Suecia aseguran una cobertura internacional para 2.000 clientes en los mercados del acero, automotriz, incineración y aeroespacial.



Manual del Fundidor de la Editorial Giesserei-Praxis 2019

Edición Especial en castellano con ocasión de la GIFA 2019, aproveche la oportunidad y contrate Publicidad efectiva en el Pequeño Manual del Fundidor de la Editorial Giesserei-Praxis 2019

Todos los anuncios se mostrarán también en la App y en la página Web

Hacia mayo/junio 2019 y coincidiendo con una nueva edición de la GIFA en Düsseldorf, se va a lanzar la primera edición del conocido Taschenbuch der Giesserei Praxis en castellano, dirigido a los fundidores de España y Latinoamérica. Quisiéramos proponerle participar en este nuevo proyecto con publicidad que alcanzará de forma efectiva a los actores más relevantes del sector, además de mostrar su presencia en esta publicación.

Desde hace ya 60 años se edita con gran éxito y año tras año, este práctico manual con información útil y resumida para los fundidores y especialistas en la materia. El manual sirve como obra de referencia y consulta, en relación a la maquinaría necesaria para la industria de la fundición, materiales, materia prima, fabricantes de piezas fundidas y cualquier otro aspecto relacionado con esta industria.

La tarifa para un anuncio de una página a color es de 1.984 €.

Esta oferta incluye la entrega de 10 ejemplares del libro, para que Ud. pueda distribuirlo entre sus empleados o clientes. Hay otras opciones de menor tamaño con menor tarifa.

Representación en España: Revista FUNDI Press

Teléfono: 917 817 776 • E-mail: pedeca@pedeca.es

La Farga presenta una nueva línea de colada continua de cobre única en el mundo, con una inversión de 15 millones de euros

a Farga ha dado a conocer su último avance tecnológico, una gran apuesta por el futuro y la sostenibilidad a largo plazo a partir de una nueva línea de producción de colada continua, que ha supuesto una inversión total de 15 millones de euros. La inauguración se celebró en las instalaciones de la compañía y contó con la presencia de la Hble. Sra. Àngels Chacón, Consejera de Empresa y Conocimiento, y el Ilmo. Sr. Sergi Vilamala, Alcalde de Les Masies de Voltregà, además de otras autoridades involucradas en el proyecto.

Tras unos meses de funcionamiento, La Farga celebró con todas las personas implicadas en este gran reto, que se ha conseguido una calidad de alambrón muy buena rápidamente y que el resultado del producto cumple con los requisitos de los clientes.



La nueva línea de colada continua de cobre, única en el mundo, ha sido diseñada y fabricada específicamente para las instalaciones de La Farga. "Tras 35 años de funcionamiento, había llegado el momento de modernizar la línea, de hacer un cambio estratégico y puntero con la inversión y construcción de una nueva línea", explicó Oriol Guixà, presidente de La Farga y responsable de la construcción de la primera línea que puso en marcha la empresa en 1983. La nueva es más eficiente, más segura y más tecnológica; una gran apuesta que tiene el objetivo de hacer crecer a la compañía a nivel de capacidad, fiabilidad e innovación a escala mundial. "Aportará una gran proyección a la empresa, ya que implica un avance tecnológico muy importante en las coladas existentes", añadió Oriol Guixà.

Sus principales beneficios son el aumento de la capacidad productiva de 15 a 20 t/h (una cifra muy significativa teniendo en cuenta que cuando se inició la línea, hace 35 años, la capacidad productiva era de 7 t/h y que a día de hoy, la capacidad total anual de La Farga es de 320.000 t); el incremento de la fiabilidad; el avance significativo en seguridad y, por último, el hecho de que trabajará en la orientación ecológica y sostenible de la empresa. Según Inka Guixà, directora general de La Farga, "la nueva línea situará a la compañía en la segunda colada de cobre más grande de Europa".

El proceso de creación de la nueva línea ha implicado varios retos. El más importante consistía en crear, junto con la empresa italiana Danieli, una línea que debía aumentar significativamente la capacidad productiva e instalarse en tiempo récord, ya que únicamente con 35 días había que quitar la antigua y encender la nueva con pruebas. El proyecto se inició en mayo de 2017 y la implementación empezó el 6 de agosto de 2018. El desmontaje solo duró dos días y el 12 de septiembre ya estaba empezando la primera colada. El 21 de septiembre, La Farga celebró la fabricación del primer jumbo.

La nueva línea se ha desarrollado con tecnología propia, gracias al conocimiento, a la experiencia interna y, sobre todo, a la actitud del equipo que ha participado en el proyecto. Inka Guixà remarcó el papel fundamental de los trabajadores de La Farga: "el proyecto se ha afrontado con una gran profesionalidad, implicación, dedicación y flexibilidad, lo que ha permitido cumplir con los tiempos marcados". La magnitud del proyecto ha implicado la participación de 90 personas durante el desarrollo inicial, la contratación de 28 empresas contratistas participantes, además de la subcontratación de 42 empresas y trabajadores autónomos. En total, aproximadamente 325 personas han trabajado en la nueva



línea. Durante todo el proceso, desde La Farga se ha querido potenciar la colaboración con proveedores de proximidad.

Después de la explicación del proyecto, se dio voz a las autoridades asistentes. El Ilmo. Sr. Sergi Vilamala, Alcalde de Les Masies de Voltregà, se puso a disposición de La Farga para avanzar conjuntamente e hizo hincapié en la relación entre el pueblo y la empresa, agradeciendo que compañías como La Farga formen parte del territorio, ayuden a mantener vivo el pueblo y generen puestos de trabajo.

Por último, la Hble. Sra. Àngels Chacón, Consejera de Empresa y Conocimiento, quiso recalcar el vínculo entre la industria que representa La Farga y la línea estratégica del Gobierno de la Generalitat; la presentación de la nueva línea implica innovación, internacionalización, territorio y talento, valores compartidos entre las dos entidades. "La nueva línea supone una mirada al pasado de aprendizaje y valentía, una mirada al presente con la demostración del talento que hoy impregna esta compañía y una mirada al futuro con nuevas inversiones e innovaciones. Inversiones como éstas nos hacen progresar como país", concluyó la consejera.



Claves de innovación en la tecnología de Estampación en Caliente

Reflexiones del VI Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente

Por Instituto de Fundición TABIRA

a reducción de peso, el incremento de la seguridad y la optimización del comportamiento del vehículo en los crash tests, siguen siendo demandas fundamentales del sector de Automoción. Para habilitar respuestas a este conjunto de necesidades, los diseños y materiales se sitúan en constante desarrollo, ocupando especial relevancia el avance en los aceros de ultra alta resistencia (UHSS). Los retos asociados a la transformación de estos nuevos materiales vienen acompañados

de importantes desafíos tecnológicos. Así, tomando como referencia el gran desarrollo de la estampación en caliente, se identifican claras oportunidades de avance en esta novedosa tecnología de transformación, en términos de productividad y de fiabilidad del proceso.

Con el foco puesto en los retos globales a los que se enfrenta el sector, se ha celebrado el VI Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente, bajo el tema



El VI Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente ha contado con la participación de cerca de 120 profesionales de la industria para compartir los últimos desarrollos asociados a esta tecnología.

"Claves de innovación en la tecnología de Estampación en Caliente". Organizada por el Instituto de Fundición TABIRA y el Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN, la sexta edición de este destacado evento técnico ha reunido cerca de 120 profesionales de alrededor de 70 compañías y centros, para compartir los últimos avances de empresas referentes mundiales.

El evento ha contado con un destacado programa de trabajo, con la participación de reconocidos especialistas pertenecientes a empresas líderes como GESTAMP, BATZ S. COOP., FAGOR ARRASATE S. COOP., KIND & CO. Edelstahlwerk GmbH & Co. KG, GHI HORNOS INDUSTRIALES, ARCELORMITTAL EUROPE, OERLIKON BALZERS, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN, ESI GROUP Y TRUMPF, así como del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN. A destacar también la esponsorización oficial del encuentro por parte de la compañía ESTAMPACIONES DURANGO S.A.

Tras la bienvenida a las empresas asistentes, realizada por José Javier González, Secretario General del Instituto de Fundición Tabira, la apertura oficial del evento corrió a cargo de Julián Izaga, del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN.

Julián Izaga (IK4-AZTERLAN), en la apertura oficial del VI Fórum Técnico Internacional de Estampación en Caliente.

El representante de IK4-AZTERLAN constató al inicio de la apertura cómo esta nueva edición del Fórum Técnico de Estampación en Caliente ha presentado una magnífica acogida por parte de la industria, tanto en términos de participación como de trabajos incluidos en el programa técnico.

Asimismo, el Sr. Izaga resaltó la gran importancia de la aparición de nuevas oportunidades industriales alrededor de la tecnología de estampación en caliente, que pueden ser aprovechadas por empresas de tipo PYME. Algunas de estas oportunidades serían comentadas a lo largo del desarrollo del evento.

También señaló la gran fortaleza que supone que en nuestro entorno esté caracterizada toda la cadena de valor de esta tecnología (materiales, equipamiento, utillajes...), lo que nos debiera permitir ser más eficaces en la identificación de oportunidades.

Por último, y relacionado con lo anterior, identificó la cooperación como un elemento capital que marcará el crecimiento de nuestras empresas también en el ámbito tecnológico en que se centra este Fórum Técnico.

Inaugurando el programa de presentaciones técnicas del encuentro, Beatriz González (Operations Director) y Borja Fernández (Hot Stamping Projects Manager), de la División Europa Norte de la compañía GESTAMP, compartieron la ponencia de apertura Tendencias Industriales en Estampación en Caliente: Presente y Futuro.



Beatriz González (de pie, atril) y Borja Fernández (sentado, derecha de la mesa) de GESTAMP, en su ponencia de apertura conjunta.

El enfoque de su interesante presentación se centró en dos conceptos: el valor añadido por golpe de prensa y la Industria 4.0. En el entorno del primero de los conceptos, Borja Fernandez expuso una colección de casos de éxito relacionados con el aprovechamiento de cada bajada de prensa. Destacaron las ventajas e inconvenientes de trabajar con mesas de grandes dimensiones. Este tipo de equipamientos permiten fabricar varios productos distintos en cada golpe, incrementando la productividad de forma significativa, a cambio de pena-

lizar los tiempos de cambio de referencia. Otro ejemplo relevante asociado a simultanear operaciones de conformado fue la incorporación de actuadores en los utillajes, de modo que sea posible la realización de agujeros y recortes perimetrales durante el tiempo de cierre del troquel.

En el ámbito de la Industria 4.0, Beatriz González expuso parte de la concepción de Gestamp respecto al aprovechamiento de la captación masiva de datos. Su intervención se centró en el concepto del procesado de información orientado a la acción, presentando varios ejemplos reales de ayudas a la toma de decisiones en planta. La aplicación efectiva de las tecnologías de la información supuso un tema de discusión muy productivo en el coloquio posterior y permitió evidenciar el gran nivel técnico de Gestamp en este campo.

Los ponentes destacaron durante su exposición el ecosistema con el que contamos alrededor de esta tecnología, así como el futuro de la misma.

Se dio paso en este momento a la primera sesión de trabajo del Fórum, moderada por Antón Gorriño, representante del Polo de Competitividad de Durangaldea. La responsable de Gestión de Proyectos de I+D en la división Batz Tooling de BATZ S. COOP, Ines Aseguinolaza, dio continuación al programa técnico a través de una ponencia sobre Nuevos desarrollos en troqueles de Estampación en Caliente para sectores de Automoción y Aerospace.

Su presentación se centró en sus drivers de innovación para esta tecnología: aligeramiento (nuevos materiales), componentes de mayor valor añadido (soluciones multi-propiedad), fabricación avanzada (tecnologías de fabricación aditiva).

Desde estos drivers y apoyada en proyectos de I+D recientes de la compañía BATZ, la ponente visualizó la gran variedad de campos de desarrollo que existen en el entorno de los utillajes de estampación. Sus explicaciones acerca de las estrategias de mecanizado suscitaron un interesante debate posterior alrededor de la compensación de las deformaciones térmicas. Desde el punto de vista de la Industria 4.0, el empleo de las tecnologías de laser cladding fue otro de los ejes de esta aportación técnica al encuentro.

Un punto especialmente interesante de esta intervención fue la extrapolación de la estampación en caliente al sector de la aeronáutica, donde BATZ ha encontrado un interesante nicho de mercado. La sección dedicada a su división de aeronáutica, centrada en la estampación



Ines Aseguinolaza (BATZ S. COOP), desarrollando contenidos alrededor de los nuevos desarrollos en troqueles de EC.

en caliente de componentes de Inconel, fue acompañada por la presentación de su proyecto Rib-ON, desarrollado con IK4-Azterlan, en el que están incorporando la estampación en caliente de aluminio a la fabricación de alas de avión, dentro del programa CleanSky2.

Cerrando la primera parte de la sesión de la mañana, Aitor Ormaetxea, Product Manager Press Hardening Systems de la compañía FAGOR ARRASATE S. COOP., expuso a los asistentes los Últimos desarrollos en sistemas de producción de Estampación en Caliente: líneas más compactas y totalmente automatizadas.



Aitor Ormaetxea, de FAGOR ARRASATE S. COOP., compartiendo algunos ejemplos de nichos de mercado en esta tecnología para empresas de tamaño medio.

El representante de FAGOR ARRASATE describió cómo en los últimos años el diseño de líneas de estampación en caliente, ha alcanzado una madurez que permite hablar de instalaciones con características comunes en distintos fabricantes de equipos y estampadores.

En colaboración con algunos OEM, esta compañía está desarrollando e implementando soluciones innovadoras destinadas a generar instalaciones más compactas y con un mayor grado de automatización en la manipulación de piezas, superando los modelos preexistentes. En este contexto, presentó una solución innovadora promovida por HOTTEKNIK en la que dos hornos atacan a una única prensa de forma alternativa, para conseguir reducir de forma significativa la longitud de la instalación.

Este tipo de soluciones creativas, junto con las nuevas propuestas de trazabilidad, van a permitir una integración óptima de estos equipos de producción en los sistemas integrales de Industry 4.0, no sólo para los grandes estampadores, sino también para los sectores de menor productividad. Las explicaciones dadas por el experto sobre la viabilidad económica de la estampación en caliente de baja cadencia para sectores no sujetos a la producción en masa fueron muy bien acogidas por el público, que profundizó en este tema en la ronda de preguntas posterior.

El programa técnico continuó con una ponencia de E-meline Meurisse, Specialist Application Technology en la compañía KIND & Co. Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG., que compartió con la audiencia los Requisitos y propiedades de nuevos aceros para herramienta en Estampación en Caliente.

La ponencia se introdujo contextualizando cómo la adecuada selección de un acero para herramienta en cada caso, junto con un alto grado de análisis de las cargas que soportará el utillaje y un adecuado tratamiento térmico, son factores que definirán el éxito del proceso de estampación en caliente.

La especialista compartió con los asistentes las experiencias recientes de una acería referente en el campo de las herramientas de estampación en caliente. Una tipología de fallo concreta que desgranó a través de su intervención fue el agrietamiento por pitting, que se produce en el interior de los agujeros de refrigeración de los troqueles de estampación en caliente.

Los resultados que presentó, basados en una exhaustiva verificación metalúrgica, llevaron a la conclusión de que, aunque sus aceros de mayor contenido en cromo podrían presentar una ligera ventaja, la esencia del problema reside en el mantenimiento de los sistemas de recirculación de agua. La ponente realizó a los asistentes una serie de recomendaciones de distintos grados en función de la aplicación concreta.

Sus explicaciones acerca de la necesidad de un correcto diseño y una correcta ejecución de los troqueles, de forma que se extraiga el máximo potencial posible del material, sirvieron de introducción para la inmediatamente posterior ponencia centrada en las tecnologías de PVD.



Emeline Meurisse (KIND & Co. Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG), explicando algunas propiedades avanzadas en nuevos aceros para herramientas.

El Sr. Hagen Schmidt, Global Market Segment Manager - Metal Forming Tools de OERLIKON BALZERS COATING GERMANY GmbH, centró su presentación en Soluciones de superficie para aplicaciones de EC: estado del arte y perspectivas.



Hagen Schmidt (OERLIKON BALZERS COATING GERMANY GmbH), presentando claves para garantizar el éxito de los recubrimientos en estampación en caliente.

El Sr. Schmidt comenzó su presentación introduciendo los desafíos tecnológicos y técnicos a los que se enfrenta el sector de la estampación en caliente, conectando posteriormente los mismos con los retos que se derivan para el desarrollo de recubrimientos.

La exposición enlazó con las conclusiones de la ponencia anterior, partiendo de la premisa de que el empleo de sus recubrimientos por PVD sólo tiene sentido cuando el resto de los parámetros de herramienta y proceso están optimizados. Este punto fue uno de los comentados después, en la ronda de preguntas, por los asistentes al Fórum: es fundamental contar con una geometría adecuadamente conseguida y un sustrato idóneo para garantizar el éxito de los recubrimientos. En este contexto, el experto presentó varios casos de éxito, centrándose especialmente en sus nuevos logros en el campo de la estampación en caliente de aluminio.

En este campo, no sólo son importantes los desgastes por abrasión y adhesión, sino también cómo de efectiva y sencilla es la limpieza de los depósitos de aluminio que se pegan a las herramientas.

Apoyadas en casos de estudio reales y en datos derivados de los mismos, las últimas soluciones por PVD que compartió el ponente al final de su presentación, evidenciaron que las innovaciones en el ámbito de las soluciones superficiales tienen mucho que decir en este sector, incluyendo una pincelada de los productos de PVD que saldrán al mercado en los próximos años.

Turno a continuación para una ponencia denominada Principales tendencias de Investigación y Desarrollo en la tecnología de Estampación en Caliente, en la que Garikoitz Artola, Responsable de Conformado dentro del Área I+D de Procesos Metalúrgicos de IK4-AZTERLAN, mostró las líneas más relevantes en la investigación actual alrededor de esta tecnología de fabricación.

La presentación del responsable de IK4-AZTERLAN permitió a los asistentes al encuentro visualizar la situación global de la estampación en caliente en términos de producción científica. Procesando la información extraída de la extensa base de datos Web of Science a través de la potente herramienta analítica denominada Clarivate Analytics, mostró que la estampación en caliente es una disciplina que continua en crecimiento y despierta un interés cada vez mayor en el campo académico y científico. Los resultados del análisis realizado en el Centro de Investigación Metalúrgica evidenciaron que nuestro entorno es un núcleo de innovación relevante, tanto a nivel nacional como europeo, dentro de la estampación en caliente. A su vez, se destacó el fuerte posicionamiento de Asia en cuanto a inversión en investigación sobre esta tecnología.

La reflexión suscitada en la ponencia y compartida en la ronda de preguntas posterior, estuvo relacionada con el



Garikoitz Artola (IK4-AZTERLAN), mostrando las tendencias de investigación globales en torno a la tecnología de EC.

retraso que se percibe entre la publicación científica y el estado del arte, debido a la relevancia económica del secreto industrial en el sector de automoción. Como cierre de su ponencia, quedó fuera de toda duda que la innovación es una característica que está grabada en el ADN de este sector.

El programa técnico continuó con una ponencia compartida entre Adriana Torres, Ingeniera de Desarrollo de Mercado Internacional, y Ángel Sanz, Ingeniero de Definición Técnica de Estampación en Caliente, ambos de la compañía GHI HORNOS INDUSTRIALES, quienes presentaron una nueva tecnología basada en un sistema de transporte de alta disponibilidad y precisión para procesos de estampación en caliente, a través de su presentación Tecnología de estampación en caliente que supera limitaciones de equipos tradicionales. Se contextualizó primeramente dichas limitaciones en los



Adriana Torres (mesa, 3º por dcha.) y Ángel Sanz (atril), de GHI HORNOS INDUSTRIALES.





INDUSTRY TOOLS





04-06 JUNIO 2019 BILBAO UN CAMBIO PARA ACCEDER A NUEVOS CLIFNIES



Colaborador:





hornos de solera de rodillos. Durante el proceso de calentamiento y utilizando formatos con recubrimiento de Al Si, se puede contaminar el sistema de transporte y provocar la deposición de aluminio. Es una preocupación operativa, ya que debido a la deposición de aluminio, los rodillos se rompen y se deben de reemplazar.

También, al reemplazarse los rodillos cerámicos, los rodamientos y el revestimiento se ven afectados, aumentando el coste de mantenimiento. Por último, la deposición de aluminio aumenta el diámetro de los rodillos, dando a los formatos diferentes velocidades lineales, generando mislocations, problemas de centrado y achatarrado.

Los ponentes detallaron a los asistentes las características de una tecnología innovadora que, superando las limitaciones comentadas, mueve los formatos a través del horno combinando movimientos horizontales y verticales de sus vigas. Se explicaron las claves de estos mecanismos de avance y elevación, y el impacto de este nuevo tipo de instalación en términos de superficie de planta, contaminación de aluminio, localización de formatos, disponibilidad u OEE (una alta precisión y repetibilidad en la salida de piezas, evitando la ubicación incorrecta de piezas y evitando movimientos innecesarios, lo que permite simplificar la mesa de centrado y hacerla más segura; eliminación de la necesidad de reemplazar y mantener los rodillos, lo que reduce el coste de operación del horno; como resultado, altas tasas de disponibilidad debido a un menor número de interrupciones de línea, lo que redunda en un aumento de OEE).

La segunda parte del Fórum Técnico continuó bajo el epígrafe Nuevos aceros avanzados para Estampación en Caliente: mayor aligeramiento y seguridad, que corrió a cargo de Joaquín López Larrodera, CTS Automotive en ARCELORMITTAL EUROPE. En el primer bloque se presentaron estos nuevos aceros, sus características y los medios utilizados para facilitar su introducción en los nuevos diseños. Después, se vio un caso concreto en el que se ha simulado su utilización en la carrocería de un coche. Por último, se mostraron los estudios experimentales realizados para confirmar los resultados de la simulación.

Así, el ponente de ARCELORMITTAL compartió los avances en la esperada nueva generación de aceros de alta resistencia para la estampación en caliente, concretamente el Usibor 2000, que permitirá reducir aún más el peso de los componentes de Automoción. Aparte de las excelentes oportunidades de adelgazamiento que ofrecen este material y su compañero, el Ductibor 1000,

el especialista expuso una extensa batería de ensayos para demostrar que el incremento de resistencia y la pérdida de alargamiento respecto al actual estado del arte no suponen, en absoluto, un deterioro en términos de seguridad de los vehículos.

Cabe destacar el excelente comportamiento de los nuevos materiales presentados frente a la fragilización por hidrógeno. Durante la ronda de preguntas se compartieron hipótesis acerca de la estrategia metalúrgica de diseño tras esta elevada resistencia a la fragilización e inquietudes sobre el efecto ferritizador de la posible difusión de aluminio, desde el recubrimiento del material hacia el sustrato de acero. En todos los casos, los resultados mostrados por el ponente convencieron a los asistentes de la gran oportunidad que supone este material en el sector de Automoción.



Joaquín López Larrodera, CTS Automotive en ARCELORMITTAL EU-ROPE, durante su presentación de la nueva generación de aceros.

La última sesión del Fórum Técnico fue realizada por la compañía ANÁLISIS Y SIMULACIÓN a través de Ainhoa Jausoro, Ingeniero de Simulación, quien compartió con los asistentes una ponencia sobre Investigaciones en conformado de aluminio en caliente con apoyo de Modelos Virtuales.

Ainhoa Jausoro focalizó su participación en el Fórum Técnico en torno al desarrollo de los modelos específicos ad-hoc y la relación esfuerzo-beneficio que comportan. Su experiencia concreta en el campo de la estampación en caliente, en el que AyS ha desarrollado una actividad de simulación y experimentación muy extensa, permitió a los asistentes visualizar la importancia de ajustar, mediante las herramientas software de simulación, los modelos de material que se suministran de serie a la realidad de los productos industriales.



Ainhoa Jausoro, Ingeniero de Simulación de ANÁLISIS Y SIMULA-CIÓN, presentando las ventajas del uso de modelos de simulación en procesos de EC.

Los resultados que presentó demostraron de forma indudable que, a pesar del esfuerzo requerido, la personalización de los modelos de simulación ofrece enormes ahorros al permitir eliminar costosas iteraciones y retoques. Cuanto mejor sea el modelo, mayor será el ahorro y más cerca estarán los diseñadores de alcanzar el concepto "bien a la primera", evitando retoques y reajustes costosos, tanto en tiempo como económicos.

La ponente explicitó también la importancia capital de gestionar adecuadamente el volumen de datos captado y devolverlo a las empresas.

Finalmente, se mostraron las líneas de investigación que actualmente se están siguiendo para optimizar el uso de estos modelos en los procesos de estampación.



Los ponentes y facilitadores de la Jornada Técnica.

















Cerca de 120 profesionales de 70 empresas de toda la cadena de valor de la industria de estampación en caliente pudieron participar de este espacio de trabajo técnico, accediendo a nuevo conocimiento de reconocidos expertos internacionales y fortaleciendo las relaciones dentro del sector.

Reflexiones de las empresas

A modo de resumen, una de las reflexiones más compartidas en el encuentro fue la riqueza de nuestro eco-

sistema de estampación en caliente, aspecto que desde la cooperación y la innovación debe permitir a nuestro tejido industrial crecer en la aplicación de esta tecnología.

En este sentido, las nuevas oportunidades y nichos comentados para estampaciones de menor volumen fueron una idea clave en el encuentro.

Asimismo, en el ámbito de la aplicación de tecnologías 4.0 en este sector, se compartió que la clave está en gestionar adecuadamente los datos recogidos en los procesos de estampación y en las herramientas para ofrecérselos a las personas adecuadas dentro del sistema.

A su vez, la estampación en caliente de aluminio comienza a estar más presente, con retos ya más concretos que empresas del entorno empiezan a desarrollar.

Como conclusión, todos los ponentes coincidieron en señalar el gran futuro de esta tecnología, con el objetivo de dar valor añadido a cada golpe, reto en el que todos podemos sumar.

Desde la organización del acto, se extiende un agradecimiento hacia el esfuerzo y la colaboración de los técnicos especialistas de las distintas empresas colaboradoras que han participado en el Fórum Técnico, por su implicación y el importante esfuerzo dedicado en este importante marco de trabajo. Un especial reconocimiento a la

empresa ESTAMPACIONES DURANGO S.A. (Sponsor Oficial), por su compromiso y apoyo a este evento. Asimismo, una mención también al trabajo como Media Partner de las revistas TRATER Press y MOLD Press.





balzers





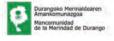














Efecto de los tratamientos térmicos en aleaciones de Ti y Al por fabricación aditiva para aplicaciones aeroespaciales (Parte I)

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

1. INTRODUCCIÓN

La industria aeronáutica se enfrenta cada día al reto de desarrollar productos sometidos a las más elevadas exigencias. Aspectos tales como condiciones ambientales extremas, la necesidad de productos de alta resistencia y excelente comportamiento mecánico o las altas exigencias de peso-resistencia, demandan que el Sector Aeronáutico trabaje de manera cada vez más eficiente, llevando la tecnología y las capacidades de fabricación al límite, para minimizar la masa y mantener las restricciones de volumen. Las aspiraciones de alcanzar ritmos de producción mayores y más competitivos están forzando a la industria a ampliar sus horizontes y buscar novedosas tecnologías de fabricación. En este sentido, las tecnologías de fabricación aditiva, o Additive Manufacturing (AM), en especial aquéllas enfocadas a la fabricación de componentes metálicos, muestran gran potencial para convertirse en un proceso de fabricación consolidado en el sector. La tecnología AM permite la fabricación de componentes sencillos o complejos, multifuncionales, mediante un proceso de adición y unión de material capa a capa, fabricando a partir de la información de un modelo 3D y obteniendo así componentes acabados o de forma muy próxima a la final. Con esta tecnología, es posible maximizar la funcionalidad de los componentes (comparado con otros procesos de fabricación tradicional), reducir su peso (aspecto muy relevante en el sector del espacio y aeronáutico), y disminuir los tiempos de entrega y desarrollo de producto.

La fabricación aditiva por fundido selectivo, más conocida como Selective Laser Melting (SLM), es un proceso basado en la construcción de piezas mediante la fusión de partículas de polvo metálico sobre un lecho de polvo, capa a capa, mediante un rayo láser de alta energía. La alta densidad de energía aplicada sobre el material y el carácter aditivo del proceso dan lugar a una estructura de material cuasi-homogéneo (Aliakbari, 2012; Biamino y Penna, 2011). La tecnología SLM presenta múltiples ventajas en comparación con otras técnicas de fabricación convencional: se producen piezas con geometría próxima a la forma final, se requieren menos operaciones de post-procesado (eliminación de soportes, mejora de rugosidad, etc.). Además, esta técnica es totalmente "verde" ya que el polvo sobrante puede ser reutilizado tras pasar por una serie de operaciones básicas (tamizado, almacenamiento en silos calefactados, etc.). Por otro lado, los breves tiempos de interacción y las pulsaciones de calor localizadas de elevada temperatura (dependiendo del punto de fusión de la aleación), producen grandes gradientes térmicos durante el proceso de fabricación, lo que conlleva la aparición de tensiones residuales de origen térmico. La rápida solidificación produce, en cambio, el fenómeno de segregación en la microestructura del material y el desarrollo de fases de no-equilibrio. Sin embargo, estos inconvenientes pueden controlarse y solventarse utilizando parámetros óptimos de fabricación y técnicas de post-procesado como tratamientos térmicos (Thöne et al., 2012).

^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.

En el mercado existe actualmente una amplia variedad de materiales aplicables a las técnicas de fabricación aditiva. De entre todos los materiales y mezclas aptas para AM, para la industria aeronáutica cobran mayor interés los materiales metálicos o compuestos de base metálica, y en particular las aleaciones de base titanio y aluminio.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de tratamientos térmicos en las propiedades finales de aleaciones de TiAl6V4, Scalmalloy® y AlSi10Mg fabricadas por SLM. Se investiga la influencia del recocido en las propiedades mecánicas y la fabricabilidad¹ de las piezas. En el caso del Ti6Al4V, se estudia el efecto del Prensado Isostático en Caliente (Hot Isostatic Pressing, HIP) a nivel microestructural, así como en la reducción de porosidad (Vrancken, 2012; Murr, 2009; Zhang, 2010). Además, se analiza el efecto en las propiedades mecánicas. Para AlSi10Mg y Scalmalloy®,

se investiga también el efecto de diferentes tratamientos de envejecimiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Las aleaciones empleadas como material base (polvo) para las experiencias de fabricación por SLM llevadas a cabo en el presente trabajo han sido tres aleaciones: una aleación de base titanio Ti6Al4V aleado con un 6 y 4% de Aluminio y vanadio, respectivamente, y dos aleaciones de base aluminio, AlSi10Mg (por su composición nominal) y Scalmalloy®, ésta última desarrollada por el grupo AlRBUS y con Magnesio y Escandio como elementos de aleación más relevantes. La Tabla 1 muestra las características principales de estos tres materiales.

2.2. Procedimiento Experimental

El sistema de fabricación empleado para la fabricación

Aleación / polvo	Tamaño de partícula [µm]	Densidad (ρ) [kg/m³]	Coste [€/kg]				Comp	osici	ónª	
TiAl6V4 ^b	15-45	4,42	686	N.	C	H	Fe	0	Al	V
				0,03	0,08	0,0	125 0,2	50,13	5,5-6,5	3,5-4,5
				Resid	dual I	nd:	<0,1	Resid	ual Tot:	<0,4
				Ti: d	resto					
Scalmalloy® ^c		2,7	300	Sc	Mg	Zr	Si	Fe	Cu	Mn
	20-63			0,66	4,5	0,3	70,17	0,068	<0,00	0,51
				Cr	Zn	Ti	Ni	Pb	Sn	Al
				0,002	2 0,03	360,0	0,0> 000	01<0	0010,0	09 resto
AlSi10Mg ^d		2,68	95	Си	Fe	Mg	Mn	N	Ni	Pb
	20-63			0,05	0,25	0,4	5 0,1	00,20	0,05	0,02
				o	Si	Sn	Ti	Zn	Otros	Al
				0,20	11,0	0,0	2 0,1	50,10	<0,05	resto

^a Valores máximos de composición (% en peso) asegurados por el fabricante.
^b Aliviado de tensiones (730°C - 2h) bajo atmósfera de argón indicado por el fabricante.

Tabla 1. Materiales de partida empleados para las experiencias de fabricación SLM y propiedades generales según fabricante (RENISHAW).

de las probetas consiste en un equipo AM250 desarrollado por el fabricante Renishaw. El volumen efectivo de fabricación es de 250 x 250 x 300 mm con velocidades de fabricación entre 5 y 20 cm³/h (en función de los parámetros de fabricación y material), un espesor de capa que puede variar entre 20 y 100 µm, y un láser de alta potencia de hasta 200 W. Las probetas están de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 6892-1:2010, y presentan dimensiones de 110 mm x 12 mm (Ø mordaza) y 6 mm (Ø zona calibrada / rotura).

La Tabla 2 muestra los sets de parámetros de fabricación por SLM empleados para las diferentes aleaciones. Estos parámetros han sido optimizados para minimizar la porosidad del proceso y acabados, basados en desarrollos llevados a cabo por CATEC en cada una de las aleacio-

Material / Aleación	Potencia [W]	Patrón escaneo láser [mm/s]	Espesor de capa [µm]	Densificación media [%] ª	
TiAl6V4	200	1,5	30	≥99,5%	
Scalmalloy®	200	0,46	40		
AlSi10Mg	200	0,86	25		

Tabla 2. Set de parámetros de fabricación mediante SLM empleados para las diferentes aleaciones.



¹ La "fabricabilidad" indica el grado de complejidad que conlleve en la fabricación el uso de un tipo de material, sub-proceso, etc. Se evalúa de forma cualitativa el tiempo de ajuste de los parámetros del equipo; y la repetitividad del proceso es el parámetro que se ha denominado como "fabricabilidad".

^c Aliviado de tensiones (300°C - 2h) indicado por el fabricante.

^d Valores de referencia sin tratamiento térmico (ST) suministrados por el fabricante.

nes (Ti6Al4V, Scalmalloy® y AlSi10Mg), y mediante la aplicación de la metodología de Diseño de Experimentos (DoE - Design of Experiments). En todos los casos se alcanza un grado de densificación por encima del 99,5% (nivel de porosidad global inferior al 0,5%), asegurando la repetitividad del proceso.

La Tabla 3 describe los tratamientos térmicos aplicados a cada una de las aleaciones (Ti6Al4V, Scalmalloy® y Al-Si10Mg), tras su fabricación mediante SLM. En el caso del Ti6Al4V, se ha aplicado un tratamiento convencional de recocido y aliviado de tensiones en vacío y a una temperatura de 730 °C (Ti:R+AT). Las propiedades de dicha aleación se han comparado con aquéllas obtenidas tras aplicar un posterior tratamiento de HIP (Ti:R+AT+HIP). Para la aleación de base Aluminio-Escandio (Scalmalloy®) se han comparado los resultados obtenidos de aplicar un tratamiento de aliviado de tensiones a 300 °C durante 2 horas (AlSc:AT), frente a un aliviado de tensiones más maduración artificial (AISc:AT+M), a 325 °C y variando los tiempos entre 3 y 5 horas. Por último, para la aleación de AlSi10Mg, se ha aplicado un aliviado de tensiones (AlSi:AT) con mismas condiciones de temperatura y tiempo; y también un tratamiento por solución, a 525 °C durante 5 horas, y maduración artificial a 155 °C durante 12 horas (AlSi:T6).

Material / Aleación	Trata	miento T	érmico	Condiciones Atmósfera	Aplicación T Elementos (probetas y/o piezas) sobre e sustrato (plato) de fabricación.	
TIAI6V4	Recocido y A Tensiones (T		730°C - 2h. Enfriamiento lento (dentro del horno).	Alto vacio bajo atmosfera de argón.		
	Prensado Iso Caliente (HIP		920°C - 2h	Atmósfera de gas inerte. ≥1000 bars.	Elementos extraídos del sustrato de fabricación.	
Scalmalloy®	Aliviado de Tensiones (AISc:AT)		300°C - 2h. Enfriamiento al aire.	No se requiere	Elementos sobre el sustrato de fabricación.	
	Aliviado de Tensiones + Maduración artificial (AISc:AT+M).		325°C - Tiempos entre 3 y 5h. Enfriamiento al aire.	ninguna condición atmosférica especial.		
AlSi10Mg	Aliviado de Tensiones (AISi:AT).		300°C - 2h. Enfriamiento al aire.	No se requiere	Elementos sobre el sustrato de fabricación.	
	y y	Solución	525°C - 5h. Enfriamiento rápido en agua.	ninguna condición atmosférica especial.	Elementos extraidos del sustrato de	
	Maduración artificial (AISi:T6).	Envejeci- miento	155°C - 12h. Enfriamiento al aire.		fabricación.	

Tabla 3.Tratamientos térmicos aplicados a cada una de las aleaciones fabricadas mediante SLM.

Todas las fabricaciones incluyen una muestra para el control densidad (barra con altura igual a la del componente fabricado), que permite evaluar el nivel de porosidad de la fabricación. El nivel de porosidad se ha evaluado mediante diferentes sistemas de inspección. Para los ensayos de inspección radiográfica y tomográfica de las muestras se emplea un sistema de tomografía desarrollado por VJ Technologies, modelo VJT-225 μ-CT (con 225 kV y 3.000 µA; detector de 2.400 x 2.400 pixeles). Para el estudio metalográfico de las muestras se ha utilizado el microscopio óptico OLYMPUS BX41M-LED, con la cámara SC30 acoplada. Las imágenes SEM se han obtenido con el Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo Philips XL-30 con un sistema de microanálisis por EDX (Energy Dispersive X-ray microanalysis) acoplado.

Los ensayos mecánicos se han llevado a cabo en base a la norma UNE-EN ISO 6892-1:2010, en una máquina universal de ensayos MTS 810 con célula de carga MTS 661-20B-03, y un extensómetro MTS 634-11F-24 de 25 mm de longitud. Los ensayos se realizan en control en carga, aplicando una rampa de pendiente 170 N/s. Las probetas de tracción se han fabricado según la dirección Z (vertical) de la cámara de fabricación. La medida de dureza se ha llevado a cabo mediante el ensayo de

dureza Vickers, según la norma UNE 705473 y con una carga de 0,3 kg en el caso del aluminio, en el sistema Phase II Modelo 900-390.

3. RESULTADOS

3.1. Titanio 6Al-4V

Los resultados obtenidos tras los ensayos mecánicos realizados en la aleación Ti6Al4V se recogen en la Tabla 4, donde se incluyen la tensión de fluencia (Rp0.2), resistencia a tracción (RM) y alargamiento a rotura (A). Se observa una disminución de la tensión de fluencia y resistencia posterior a la fabricación (Ti:ST@1.083,8 y 1.210,3 MPa) tras la realización del tratamiento de recocido y aliviado de tensiones (Ti:R+AT@1.017,2 y 1.186,0 MPa) y posterior tratamiento de HIP (Ti:R+AT+HIP@915,3 y 1.065,1 MPa), respectivamente. Con respecto a la ductilidad, se aprecia un aumento de la misma desde un 5,1% en la condición ST (tras la fabricación), hasta un 13,6 y

Probeta / Tratamiento Térmico		R _M [MPa]	Rp _{0,2} [MPa]	A [%]
SAC Dec	Media	1.210,3	1.083,8	5,1
Ti:ST	Desviación estándar	15,6	17,0	0,1
anaria o	Media	1.186,0	1.017,2	13,6
Tí:R+AT	Desviación estándar	3,24	3,82	2,35
	Media	1.065,1	915,3	14,9
Ti:R+AT+HIP	Desviación estándar	3,15	5,99	0,87

Tabla 4. Resultados del ensayo de tracción de probetas de Ti6Al4V fabricadas por SLM con espesor de capa 30 µm y diferentes tratamientos térmicos.

14,9% tras el aliviado de tensiones (Ti:AT) y aplicación posterior del tratamiento de HIP (Ti:AT+HIP), respectivamente.

La Figura 1 muestra micrografías obtenidas del análisis mediante microscopía óptica del material en las distintas condiciones. En ellas se observa una microestructura acicular martensítica (α ´) muy fina (Figura 1a) tras la fabricación, observándose un ligero engrosamiento de las columnas α ´ con la aplicación del tratamiento de aliviado de tensiones (Figura 1b). Con la posterior aplicación del tratamiento de HIP, se produce la transformación de la estructura martensítica en una estructura $\alpha+\beta$ característica de una aleación Ti6Al4V estabilizada (Figura

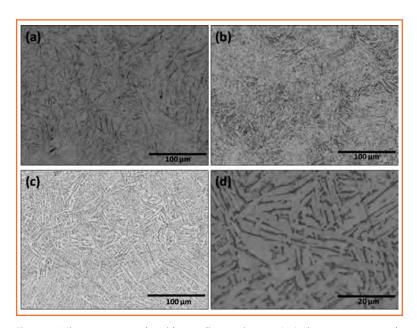


Figura 1. Microestructuras obtenidas mediante microscopía óptica para muestras de Ti6Al4V fabricadas por SLM: (a) Ti:ST; (b) Ti:R+AT; y (c) y (d) Ti:R+AT+HIP (imágenes con diferente magnificación). Micrografías correspondientes al plano XY de fabricación.

1c). Además, se aprecia un crecimiento del grano.

Por otro lado, se aprecia un nivel de porosidad del 0,2-0,5% ±0,14%, en la condición ST y tras el aliviado de tensiones, pasando a solo un 0,1 ±0,02% tras la aplicación del tratamiento de HIP. Estos niveles han sido cuantificados mediante estudio metalográfico y análisis de imagen, como se muestra en la Figura 2. También se ha evaluado esta variación de porosidad mediante inspección tomográfica (Figura 3), donde se aprecia una distribución homogénea de la porosidad tras la fabricación. Estos poros se

hacen imperceptibles tras el tratamiento de HIP, como se aprecia tanto en los cortes seccionales y representación tridimensional.

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

La Tabla 5 recoge los valores numéricos obtenidos de los ensayos de tracción de probetas de AlSi10Mg fabricadas por SLM y tratadas térmicamente según los diferentes tratamientos: aliviado de tensiones (AlSi:AT), y endurecimiento por solución y maduración artificial (AlSi:T6). Se observa una caída de la tensión de fluencia y resistencia posterior a la fabricación (AlSi:ST@263,8 y 426,0 MPa) tras la realiza-

ción del tratamiento de aliviado de tensiones (AlSi:AT@138,6 y 232,2 MPa), así como tras la aplicación del tratamiento por solución y maduración artificial (AlSi:T6@153,0 y 216,2 MPa). Por el contrario, la ductilidad mejora de forma significativa respecto al valor alcanzado tras la fabricación (AlSi:ST@3,9%), llegando a deformaciones de hasta el 18,2 y 13,5% para los tratamientos de aliviado de tensiones (AlSi:AT) y solución y maduración artificial (AlSi:T6), respectivamente.

Las microestructuras del AlSi10Mg sin tratamiento (AlSi:ST) y con diferentes tratamientos térmicos aplicados (AlSi:AT y AlSi:AT+M) se muestran en la Figura 4. Se puede ver el crecimiento de la microestrutura tras la aplicación del aliviado de tensiones (Figura 4b), así como el inicio de la aparición de fases de Si esferoizadas, respecto a la microestrutura de la muestra sin tratamiento (ST@Figura 4a).

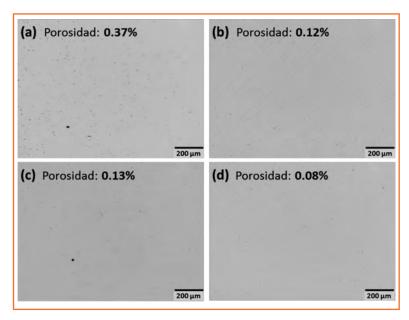


Figura 2. Imágenes de microscopía óptica y valor de porosidad global cuantificada para muestras de control de densidad: (a) y (c) antes; (b) y (d) después de la aplicación del tratamiento térmico de HIP.

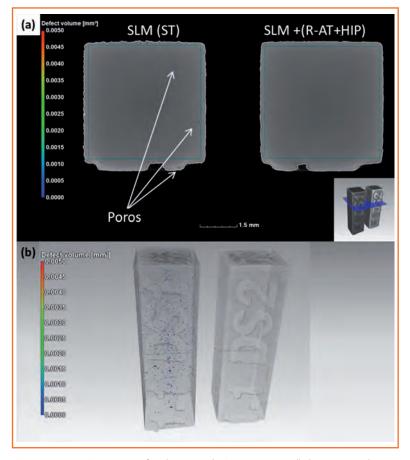


Figura 3. Inspección tomográfica (XCT; resolución 10 µm/voxel) de muestras de control de densidad de Ti6Al4V fabricadas por SLM para evaluación del contenido de tras el tratamiento de HIP: (a) sección transversal y (b) vista reconstruida en 3D, antes y después del HIP.

El efecto de esferoidización se hace significativo con la aplicación del tratamiento de solución y maduración artificial (Figura 4c), donde las fases de Si adquieren un tamaño de partícula del orden de 2-5 µm, además de aparecer precipitados de Fe aciculares.

La Figura 5 representa los resultados obtenidos del ensayo de dureza Vickers de una serie de muestras de Scalmalloy®, aplicando diferentes tratamientos térmicos: AlSc:AT a 300 °C durante 2h; y AlSc:AT+M a 325 °C, variando el tiempo de mantenimiento entre 3h y 5h. La dureza tras la aplicación del aliviado de tensiones (AlSc:AT@98 HV) es similar a la obtenida tras la fabricación (AlSc:ST@104HV). Sin embargo, con la aplicación del tratamiento de aliviado de tensiones y maduración se observa un crecimiento de la dureza conforme se incrementa el tiempo de maduración, llegando al máximo para un tiempo de 4 horas (AlSc:AT+M(4h)@ 168 HV), a partir del cual comienza a disminuir hasta valores en torno a 140 HV para 5 horas de mantenimiento de la temperatura (AISc:AT+M(5h)).

Para el tratamiento térmico seleccionado finalmente como óptimo (AISc:AT+ M: 325 °C-4h), donde se ha registrado la mayor dureza, se realizaron ensayos de tracción, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5. La tensión de fluencia y resistencia máxima alcanzadas han sido de 460,0 y 473,0 MPa, respectivamente, con una deformación final del 6,5%.

Asimismo, se analizó la microestructura de las muestras de Scalmalloy sin tratamiento (AlSc:ST), y tras el tratamiento térmico AlSc:AT+M seleccionado (Figura 6). Se ha comprobado que la microestructura del Scalmalloy sin tratamiento (Figura 6a) es similar a la obtenida tras la aplicación del tratamiento de aliviado de tensiones y maduración (AlSc:AT+M) durante 4 horas (Figura 6b). Por otro lado, en las micrografías obtenidas mediante SEM (Figura 6c) se observa un crecimiento de grano de zonas localizadas.

(Continuará)





jYa a la venta el Volumen 4!

on 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,

a 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.

e 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.

a 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.

inalmente 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





- · 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























Ingeniería Térmica Bilbao s.l. Ingeniería y Productos para Hornos y Procesos Térmicos

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

www.interbil.es

P.I. Sangròniz, Iberre 1-M5 E-48150 SONDICA (Vizcaya)

Tel.: 94 453 50 78 Fax: 94 453 51 45

bilbao@interbil.es





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 trabaio en la empresa.

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.

(101) Máxima productividad, mínimo coste

d. 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 mfom@ervin.eu www.ervin.eu



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



08290 CERDANYOLA (Barcelona)

www.metalografica.com metalografica@metalografica.com



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



Cronite Ibérica: Ilárraza, 14 - 01192 ILARRAZA (ALAVA) Tíno. 609 419 325 - Fax +33 243 212 463

E-mail: maricarmen.garcia@cronite-group.com - www.cronite-group.com



















INDICE de A	ANUNCIANTES
ACEMSA 48	INSERTEC
ALJU 46	INTERBIL
APLITEC 47	IPSEN
ARROLA	LIBROS TRATAMIENTOS TÉRMICOS 45
BAUTERMIC	ONDARLAN 7
BMI 47	PROYCOTECME
BOREL SWISS	REVISTAS TÉCNICAS Interior CONTRAPORTADA
CRONITE 23	S.A. METALOGRAFICA
DEGUISA 47	SOLO SWISS PORTADA
ENTESIS 47	SPECTRO 49
ERVIN	SUBCONTRATACIÓN Interior PORTADA
FLEXINOX 47	
GRUPO PIROVAL 46	SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN
HEA CONTRAPORTADA	TECNYMAT
HORNOS DEL VALLÉS 47	TECRESA 47
HOT 15	TRATER DAY 9
INDUSTRY TOOL	WHEELABRATOR





Próximo número

ABRIL

Hornos de sales. Instalaciones de atmósferas protectoras. Refractarios. Aislantes. Quemadores. Calentadores. Calidad. Laboratorio. Reguladores de temperatura. Cañas pirométricas. Metrología. Tratamiento térmico de metales férreos y no férreos.

SU MEJOR COMUNICACIÓN

REVISTAS PROFESIONALES DEL SECTOR INDUSTRIAL



PEDECA Press Publicaciones

