

Soluciones avanzadas e innovadoras para una industria de tratamiento térmico más competitiva

Instituto de Fundición TABIRA • junio 2016

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

Con la idea de reunir a empresas de este sector para compartir y conocer de primera mano algunas de estas innovaciones, el Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN acogió durante el día 23 de junio de 2016 el *II Fórum Técnico Internacional de Tratamiento Térmico*, un punto de encuentro para profesionales, técnicos y equipos de investigación especializados en los últimos avances e innovaciones en los distintos ámbitos de la industria del tratamiento térmico (tecnologías de temple, tratamientos superficiales, caracterización, medición, recubrimientos...).

A través del programa técnico presentado en este *Trater Day 2016*, cerca de 80 profesionales de empresas referentes del sector de los tratamientos térmicos y representantes de sectores estratégicos que los aplican, pudieron conocer algunas claves que permiten avanzar una industria más competitiva en este relevante ámbito.



Alrededor de 80 profesionales de 50 compañías y centros tomaron parte en este encuentro técnico del sector del Tratamiento Térmico

El evento contó con la colaboración de técnicos y especialistas de primer nivel de las empresas ADI TREATMENTS Ltd., OERLIKON LEYBOLD VACUUM, ONDARLAN INDUCTOTHERM, ARROLA HORNOS Y SERVICIOS S.L.L., SECO/WARWICK, ESI GROUP, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN, SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL S.L., EUROTHERM, junto con investigadores del Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN y la colaboración de ADILAN GROUP y TRATER PRESS.

Tras la correspondiente bienvenida a los asistentes por parte del **Sr. José Javier González**, del **Instituto de Fundición TABIRA**, el **Sr. Martin Barreña**, Gerente de **FURESA**, inició la moderación de la primera sesión de la mañana de este encuentro de trabajo.

El Sr. Barreña presentó brevemente, al inicio de su intervención, al **Grupo ADILAN**, al que pertenece la compañía FURESA. Este grupo es una alineación de varias empresas del sector de los componentes fundidos (FURESA, BETSAIDE, SEBA), que junto con el apoyo de IK4-AZTERLAN, desarrolla y produce SOLUCIONES ADI (Austempered Ductil Iron) en un rango de piezas fundidas desde 150g hasta 1000kg de hierro.



El Sr. José Javier González, del Instituto de Fundición TABIRA y el Sr. Martin Barreña, de la fundición nodular FURESA

A continuación el Sr. Barreña dio paso a la ponencia inaugural de este espacio de trabajo, presentando al **Sr. Arron Rimmer**, de la compañía inglesa **ADI TREATMENTS Ltd.**, que compartió con la audiencia una conferencia sobre la *“Producción de piezas de fundición de hierro dúctil austemperado (ADI). Requisitos de la pieza fundida, hornos, parámetros críticos de tratamiento y optimización”*.

La ponencia se inició con la constatación de que es un error habitual considerar que la producción de ADI requiere de un hierro base especial. En contra de esta visión, la realidad es que el material base a utilizar tan solo debe ser de buena calidad. Así, el conferenciante expuso las especificaciones principales de los materiales susceptibles de tratamiento. Para el caso concreto del ADI, detalló qué se considera una fundición nodular de buena calidad: composición química estable con un mínimo de 100 grafitos/mm², nodularidad superior al 85%, niveles mínimos de carburos, inclusiones, rechupes y micro rechupes (max. 1,5%) y un ratio estable de perlita/ferrita.

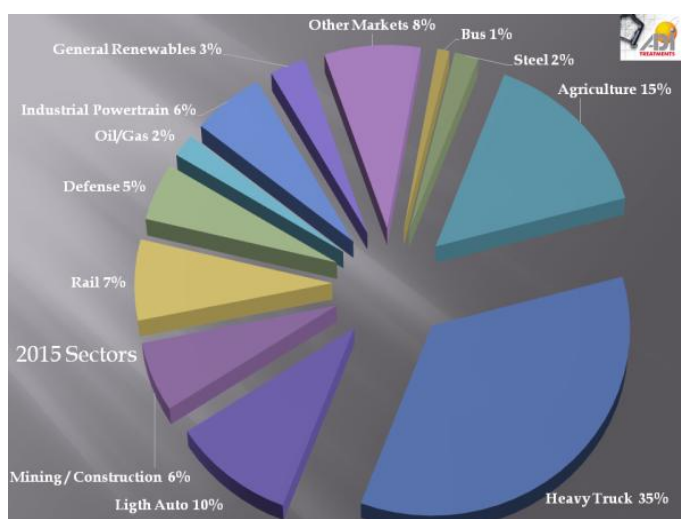
Con esta base, el ADI alcanza unos valores de comportamiento a fatiga excelentes, una densidad menor y una capacidad de amortiguación de ruido superior al acero, si bien cuenta con un mayor coeficiente de expansión térmica que la fundición nodular y que el acero al carbono (inferior al del aluminio), y una conductividad térmica algo inferior a la fundición nodular.



Sr. Arron Rimmer. ADI TREATMENTS Ltd., Director

A continuación, el Sr. Rimmer abordó los pasos críticos del proceso de austemperizado (austenizado, enfriamiento hasta la temperatura de austemperizado y tratamiento isotérmico a dicha temperatura), iniciando esta parte de su reflexión detallando la influencia que tiene la elección del método de enfriamiento en el diseño de la línea de austemperizado (escogiendo entre aceite o baño salino, en función de los grados ADI deseados). La elección del equipamiento correspondiente, especialmente de los hornos, depende esencialmente de variables como el acceso a financiación, los costes operativos deseados, la variedad de trabajo a ser realizado en la línea y el espesor de sección de las piezas.

Siguiendo este esquema de trabajo, se procedió seguidamente a compartir con la audiencia claves concretas en cada una de estas partes del proceso de tratamiento térmico para las piezas fundidas. Enfriar a un ritmo suficiente, por ejemplo, para evitar la formación de perlita. La temperatura de austemperizado escogida será definida en función de la resistencia deseada: una temperatura baja producirá una mayor resistencia, mientras que una mayor temperatura producirá un grado con menor dureza y mejor resistencia a fatiga y ductilidad.



Distribución por sectores de las piezas tratadas en el año 2015 en la empresa ADI Treatments. Ltd.

Fuente: ADI TREATMENTS Ltd.

El Sr. Rimmer compartió las oportunidades que presentan estos materiales frente a determinados aceros, con situaciones específicas de mejora de prestaciones, reducción de costo, simplificación del proceso productivo, así como en sustitución de componentes de otros materiales, como por ejemplo el aluminio, con otro tipo de ventajas desde el punto de vista de diseño y funcionalidad (mejora de propiedades estáticas y dinámicas, costo más reducido, mejoras en comportamiento NVH, menor espacio físico requerido para el componente, etc). El ADI es tan resistente como el acero, con un 10% menos de peso. También es tres veces más resistente que el aluminio, pero solo 2-1/2 veces más denso, por lo que puede reemplazar a ambos materiales con peso igual o inferior.

El ponente concluyó resumiendo que el ingrediente fundamental para producir ADI es, como indicó al inicio de su charla, contar con una fundición nodular de alta calidad, acompañado esto siempre de la correcta elección de los parámetros del tratamiento térmico. Señaló también que la producción exitosa de piezas en ADI requiere de una gran cercanía e intercambio de conocimiento entre la empresa de tratamiento térmico y la fundición.

La segunda conferencia técnica de la jornada la impartió el **Sr. Eugenio Pardo**, de la compañía **ONDARLAN INDUCTOTHERM GROUP IBERIA**, que centró su exposición en *“Nuevos desarrollos tecnológicos en temple por inducción sin rotación para cigüeñales y árboles de levas”*.

El tratamiento térmico superficial por inducción es una elección muy común cuando se trata de templar y revenir piezas críticas de automoción, como son los cigüeñales y los árboles de levas. En la exposición realizada por el Sr. Pardo se explicaron y demostraron cuantitativa y cualitativamente las mejoras obtenidas en las piezas y en el proceso, tras conseguir la realización del mismo sin necesidad de rotación de las piezas, frente a los procesos rotativos tradicionales.

Esta innovación, mediante una nueva tecnología patentada denominada SHarP-C, consiste en la eliminación de la necesidad de rotar los cigüeñales y los árboles de levas durante los ciclos de calentamiento y enfriamiento.



*Sr. Eugenio Pardo. ONDARLAN INDUCTOTHERM GROUP IBERIA,
Responsable de Forja y Tratamientos Térmicos*

El ponente detalló cómo esto es así merced a la sustitución de las bobinas tradicionales en forma de “U” por un juego de dos bobinas complementarias semicirculares, una activa y otra pasiva, percibidas electromagnéticamente por las piezas tratadas como una única bobina circular cerrada. Como consecuencia de ello, los patrones de endurecimiento son más repetitivos, los inductores más robustos, se reducen los tiempos de tratamiento así como la energía aportada y la distorsión consecuentes. Todo ello, con los cigüeñales y los árboles de levas en reposo. Además se mejoran las microestructuras y sobre todo, se simplifica la arquitectura mecánica de los equipos.

En definitiva, esta innovación permite obtener piezas de mayor calidad a costes muy inferiores, eliminándose en algunos casos operaciones posteriores de enderezado.

La primera sesión de la mañana terminó con una conferencia doble, a cargo del **Sr. Yannick Vicent**, de la compañía **ESI GROUP**, y del **Sr. Igor Pérez**, de la compañía **ANÁLISIS Y SIMULACIÓN S.L.** Ambos compartieron una exposición sobre las “*Ventajas de la simulación del tratamiento térmico en la industria*”.



El Sr. Igor Pérez (ANÁLISIS Y SIMULACIÓN S.L., Responsable Técnico de Virtual Manufacturing) y el Sr. Yannick Vicent (ESI GROUP, Welding and Heat Treatment Solution Product Manager)

La introducción a la ponencia la realizó el Sr. Pérez, explicando las claves buscadas por diseñadores de piezas y profesionales responsables del tratamiento térmico, una fase indispensable en la fabricación de productos de acero. A través de la manipulación intencionada de la estructura química y metalúrgica del componente se pueden controlar propiedades mecánicas como la dureza, la resistencia o la tenacidad. Sin embargo, aparte de los efectos mencionados, se pueden producir algunos efectos no deseados, tales como distorsiones del componente, dureza excesiva, resistencia insuficiente, baja tenacidad (que puede repercutir en formación de grietas) o una profundidad de la dureza inadecuada (que puede repercutir en fallos a fatiga del componente).

Por lo tanto, el éxito o el fracaso del tratamiento térmico no sólo afecta a los costes de fabricación, sino que también afecta a la calidad y fiabilidad del producto. El tratamiento térmico se debe tener en cuenta durante las fases de desarrollo y diseño y se debe controlar en producción.

La conferencia continuó con la exposición del Sr. Vicent, que remarcó las claves que hacen de la simulación una herramienta de ayuda muy interesante para tomar la decisión adecuada.

Su ponencia permitió ver cómo con respecto al diseño y la fabricación basados en simulación es preferible poder calcular previamente los efectos del tratamiento térmico y poder optimizarlos variando la forma y los materiales de la pieza en cuestión. Una vez que la pieza está diseñada, resulta de máxima importancia asegurarse que el proceso de tratamiento térmico es correcto y que la ventana de proceso es lo suficientemente grande como para permitir variaciones en los diferentes parámetros. El ponente detalló como con la ayuda de las soluciones de elementos finitos Sysweld y ProCAST de ESI Group se pueden llevar a cabo este tipo de simulaciones para la mayoría de procesos de tratamientos térmicos, considerando todos los efectos físicos más significantes. De esta forma, el diseñador de pieza y el profesional responsable de los tratamientos térmicos puede tener una importante influencia en la minimización de los costes de fabricación así, como en la optimización de la calidad y la fiabilidad del producto.

Tras un momento de pausa-café, el programa continuó en la segunda sesión de la mañana con una conferencia técnica del **Sr. Garikoitz Artola**, del **Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN**. Esta ponencia se centró en la *“Influencia del tratamiento térmico en el daño por hidrógeno en aleaciones metálicas”*.



Sr. Garikoitz Artola. IK4-AZTERLAN, Ingeniería, I+D y Procesos Metalúrgicos

La relación de los tratamientos térmicos con el daño por hidrógeno presenta facetas diversas. Tal y como el Sr. Artola señaló en su introducción a la conferencia, deben distinguirse los procesos de daño que tienen su origen en etapas de producción previas al tratamiento (normalmente hidrógeno intrínseco), de los deterioros iniciados por el propio tratamiento térmico (hidrógeno extrínseco). Cada uno de estos problemas debe ser abordado con recetas diferentes.

Así, el ponente introdujo inicialmente los mecanismos de daño por hidrógeno, detallando las principales alteraciones en las propiedades físicas de los metales provocadas por la absorción de

este elemento. Posteriormente, el Sr. Artola abordó del mismo modo el daño provocado por el tratamiento térmico.

Un apartado de especial interés fue la necesidad de distinguir las incidencias relacionadas con el tratamiento térmico, de las asociadas al daño por hidrógeno posterior al mismo, producido durante la vida en servicio del material. Roturas con distinta causa raíz presentan a menudo características similares, por lo que su análisis requiere de la intervención de especialistas metalúrgicos con experiencia en la interpretación de superficies de fractura.

Otro aspecto a tener en cuenta es el empleo de tratamientos térmicos para obtener microestructuras más tolerantes a la presencia de hidrógeno en servicio. En el caso de los aceros de alta resistencia, la bainita y la austenita retenida pueden servir de recurso para combatir los procesos de fragilización por hidrógeno.

El encuentro técnico continuó mediante una presentación del **Sr. Marcin Przygoński**, de la compañía **SECO/WARWICK Europe Sp. Z o. o.** y de la **Sra. Bakarne Egiguren**, de la empresa **ARROLA HORNOS Y SERVICIOS S.L.L.** Esta conferencia abordó la *“Cementación en continuo de baja distorsión geométrica y alta productividad para la industria de automoción, transmisiones y rodamientos”*.

La Sra. Egiguren desarrolló esta presentación, a la que dio inicio mostrando cómo la producción mundial de engranajes en la industria de automoción se estima en más de 1 billón de uds. por año.

Mientras la cementación y temple de engranajes de acero para la industria de automoción proporciona dientes templados en la superficie y núcleo flexible, necesario para un engranaje de larga duración, el tratamiento térmico, y especialmente el proceso de enfriamiento brusco, produce distorsión. La distorsión se corrige frecuentemente con el costoso proceso de mecanizado posterior al tratamiento térmico. El objetivo principal de todos los procesos de tratamiento térmico de engranajes de alto volumen de producción es la eliminación de la distorsión. Si no se elimina la distorsión, el objetivo es su reducción significativa.



Sra. Bakarne Egiguren. ARROLA HORNOS Y SERVICIOS S.L.L., Directora General

Tras analizar las principales causas de la deformación durante el tratamiento térmico y los métodos para controlar, corregir y eliminar la distorsión, la conferenciante presentó un nuevo concepto de sistema de cementación de flujo unitario. Tal y como explicó a la audiencia, este sistema se ajusta al tamaño y la forma del engranaje particular, a fin de minimizar la distorsión, y garantiza la repetibilidad de los resultados, engranaje tras engranaje. Es un sistema compacto diseñado para el tratamiento térmico de engranajes de alto volumen de producción, ideal para configuraciones lean manufacturing, y fácilmente integrable en centros de mecanizado.

La última sesión técnica de la mañana corrió a cargo del **Sr. Adolfo de los Mozos**, de la compañía **OERLIKON LEYBOLD VACUUM**. Su conferencia se centró en la *“Monitorización del estado de las bombas de vacío en la industria de tratamientos térmicos”*.

El Sr. de los Mozos comenzó su ponencia introduciendo los efectos que los distintos procesos, más o menos agresivos, tienen en las bombas (presencia de vapores, condensación, polimerización...). Estos efectos tienen su reflejo en las estrategias de mantenimiento, generando a su vez unos costes ocultos a lo largo del ciclo de vida productivo.

Se profundizó con la audiencia cómo el mantenimiento correctivo deriva en grandes paradas por fallos inesperados y elevados costes de reparación, y cómo el preventivo genera un mantenimiento demasiado adelantado y que no soluciona el riesgo de fallo inesperado.

Frente a estos tipos de mantenimiento, el ponente resaltó la posibilidad de planificarlo de forma preventiva, analizando el nivel de vibración de las bombas de vacío. Se explicó cómo mediante un análisis de los niveles de vibración en las bombas de vacío, se pueden establecer pautas de mantenimiento predictivo para aprovechar al máximo el tiempo de funcionamiento de las mismas, llegándose a alcanzar valores de funcionamiento de hasta un 30% superior frente a otros tipos de mantenimiento.



Sr. Adolfo de los Mozos. OERLIKON LEYBOLD VACUUM, Jefe de ventas

Finalmente, el ponente explicó mediante una serie de gráficos FFT (Fast Fourier Transform) el proceso de detección de picos en zonas y frecuencias específicas para algunos casos concretos, y cómo este sistema permite prevenir el tipo de mantenimiento que esos casos requieren.

Tras el lunch, se inició la sesión de tarde a través una ponencia del **Centro de Investigación Metalúrgica IK4-AZTERLAN**, en la que la **Dra. Ana Isabel Fernández** nos presentó las *“Oportunidades de mejora de las piezas inyectadas de aluminio mediante tratamiento térmico”*. En este trabajo, realizado en colaboración con la **Dra. Andrea Niklas**, también de IK4-AZTERLAN, se han tenido en cuenta tanto los procesos convencionales como las últimas innovaciones aplicadas a las piezas estructurales en el sector de automoción.



Dra. Ana Isabel Fernández. IK4-AZTERLAN, Ingeniería, I+D y Procesos Metalúrgicos

El punto de partida de la conferencia fue una introducción a la producción convencional de piezas inyectadas y a los tratamientos térmicos en aleaciones de Al. Posteriormente se analizaron las limitaciones de las piezas inyectadas convencionalmente, siendo la más importante la porosidad, que puede dar lugar a rechupes o atrapamiento de gas (otras limitaciones pueden ser la soldabilidad o los tratamientos térmicos limitados, o la existencia de defectos microestructurales inherentes al HPDC).

La ponente detalló a continuación las oportunidades de mejora existentes mediante la aplicación de tratamiento térmico T5 a las aleaciones convencionales AlSi9Cu3(Fe), así como su mejora adicional cuando se combina una buena composición química con un tratamiento del metal líquido adecuado y se aplican tratamientos térmicos (flash) de muy corta duración. La efectividad de estos tratamientos térmicos flash se puede incrementar aplicando la tecnología de lecho fluidizado, en desarrollo actualmente dentro del proyecto H2020-HardALU en el que participa el Centro de Investigación.

Finalmente, la Dra. Fernández explicó las claves de éxito de las piezas inyectadas asistidas por vacío, y cómo mediante un tratamiento térmico optimizado pueden llegar a unas prestaciones tan elevadas como para servir de piezas estructurales de alta seguridad en el exigente sector de automoción.

El programa de trabajo continuó con una ponencia de los **Sres. Felipe Ibañez** y **Juan Antonio Lasa**, de la compañía **SUMINISTRO Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL S.L.**, en la que profundizaron en el *“Control de pirometría según normativa CQI-9 (3ª edición) para tratamientos térmicos en automoción”*.

CQI-9 es una normativa del sector de automoción donde se contemplan los requisitos y controles a los que están sujetos los tratamientos térmicos. Esta normativa nos indica las exigencias y requisitos de calidad para los procesos térmicos y está enfocada a garantizar el estándar de calidad en producción.

La certificación de los hornos de tratamiento térmico se ha convertido también en una exigencia con la aplicación de la normativa CQI-9, aplicable a suministradores de la industria de automoción.

Editada por el AIAG (Automotive Industry Action Group), esta norma inicialmente se apoyó en la industria aeronáutica (AMS 2750) y recoge los requerimientos de las instalaciones y de la instrumentación utilizada en procesos térmicos: sensores de temperatura, calibración de instrumentación, test de precisión de sistema (SAT), test de uniformidad de temperatura (TUS).

Los ponentes realizaron un detallado recorrido tanto de los distintos tipos de sensor y las especificaciones marcadas para ellos en la norma, como de los distintos métodos y consejos prácticos para ejecutar los test comentados. Se recordó, finalmente, que se requieren ensayos completos y periódicos, con una importante gestión de la documentación.



*Los Sres. Juan Antonio Lasa, Director de Laboratorio, y Felipe Ibañez,
Director Técnico-Comercial, ambos de la empresa SCI*

El Sr. Ibañez compartió que SCI realiza todas estas calibraciones dentro de su alcance de acreditación ENAC (nº:149/LC10.107) y que su experiencia de más de 25 años en la fabricación de sensores de temperatura y calibración les sitúa como empresa referente en este campo.

Finalmente, la compañía **EUROTHERM** cerró la jornada de trabajo con una ponencia del **Sr. Javier Riofrio** sobre el “Cumplimiento de requisitos de la norma AMS2750E de Nadcap para tratamiento térmico”.



Sr. Javier Riofrio. EUROTHERM, Product Application Leader

El Sr. Riofrio inició su presentación indicando cómo NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program) establece requisitos y armoniza requisitos estándares para tratamiento térmico y procesos especiales, reduce costes de auditoría y mejora la excelencia en la cadena de suministro. La norma AMS2750E, a su vez, especifica requerimientos de precisión de termopares, instrumentación y en general control de temperatura, registro de datos y mantenimiento de registros, tests SAT y TUS.

Se trasladó a la audiencia la necesidad de unir la seguridad de los datos a un control preciso de las variables, como ecuación de éxito para este tipo de auditorías. El ponente profundizó en los tipos de instrumentación a utilizar (dependientes de las características del horno) y las claves de calibración a controlar para asegurar que los instrumentos de proceso proporcionan una lectura verdadera (dentro de límites) de la temperatura real que se está midiendo.

Asimismo, el Sr. Riofrio detalló los puntos más importantes para la elaboración de informes TUS (Temperature Uniformity Survey), obligatorios dentro de AMS2750E, así como los detalles del test SAT (System Accuracy Test), que se realiza para asegurar la precisión del sistema completo de medida usando un sistema independiente (instrumentos y termopares).

Finalmente, se presentaron dos innovadoras propuestas técnicas desde *Eurotherm Online Services (eos)*. Por un lado, se detallaron las características del denominado *EOS Advisor*, un servicio online que transforma datos sobre requerimientos de conformidad en información útil, accesible y auditable; por otra parte, se profundizó en el sistema *eCAT™*, una aplicación de calibración que mejora la eficiencia del proceso de calibración utilizando una herramienta para tableta que evita así los errores asociados a procesos basados en papel.



El evento técnico fue un punto de encuentro para la industria de tratamiento térmico, generando también espacios de networking entre asistentes

A modo de conclusión, esta edición del Fórum Técnico de Tratamiento Térmico ha permitido a las empresas asistentes actualizar su conocimiento de las distintas innovaciones que desde los diversos ámbitos de esta industria se plantean actualmente para hacerla más competitiva.

El conocimiento técnico compartido a través de todas las presentaciones y el intercambio de experiencias planteado por los distintos ponentes, junto con la destacada participación de las empresas, han sido algunas de las claves del éxito de esta jornada. Un punto de encuentro y de trabajo que esperamos siga manteniendo este interés en futuras ediciones.

Desde la organización del acto, agradecer el esfuerzo y la colaboración de los técnicos de las distintas empresas, grupos y centros que han hecho posible la coordinación y materialización de este interesante espacio técnico de trabajo.

Agradecer, asimismo, el trabajo de TRATER PRESS como Media Partner de este encuentro de la industria de tratamiento térmico.



El equipo de ponentes, moderadores, colaboradores y media partners de este Fórum Técnico

Organizadores y entidades/compañías colaboradoras:





Instituto de Fundición TABIRA
Instituto para el CONOCIMIENTO en Fundición

*Aliendalde Auzunea, 6
48200 Durango
Bizkaia (Spain)
Tel: +34 94 621 54 70
Fax: +34 94 621 54 71
www.iftabira.org
info@iftabira.org*