

TRATAMIENTOS TÉRMICOS E INNOVACIÓN, VENTAJA COMPETITIVA IMPRESCINDIBLE PARA LA INDUSTRIA



Ponentes TRATER DAY: Igor Pérez (KEYSIGHT), Jorge Almeida (INSERTEC), Arron Rimmer (ADI TREATMENTS), Eugenio Pardo (ONDARLAN), Raúl Díaz (MESUREX), Jon Arruabarrena (AZTERLAN), Itziar Berriozabalgoitia (AZTERLAN).

El VIII Fórum Técnico de Tratamiento Térmico, TRATER DAY 2025, ha congregado temas de alta relevancia y actualidad para el sector de los tratamientos térmicos, como son las oportunidades que ofrecen las herramientas de simulación y su desarrollo, aspectos técnicos del desarrollo de hornos de tratamiento térmico y el impacto de la incorporación de nuevos combustibles sobre la descarbonización y la eficiencia del sector o aplicaciones prácticas de herramientas de medición de calor. Los ponentes compartieron también casos prácticos orientados a la resolución de problemas ligados al desarrollo de nuevos productos y diseños.

En línea con los retos y los crecientes requerimientos de las industrias fabricantes y usuarias de componentes metálicos, el sector de los tratamientos térmicos se enfrenta al desafío de proponer e incorporar soluciones innovadoras y eficientes, que permitan mejorar las características y la durabilidad de los materiales y los productos dirigidos a sectores altamente exigentes como son el aeronáutico, el naval o el de automoción.

Con el objetivo de compartir y dar a conocer

algunas de las innovaciones de referencia para el sector, el INSTITUTO DE FUNDICIÓN TABIRA, el Centro de Investigación Metalúrgica AZTERLAN y TRATER PRESS, con la colaboración de Euskaliti y DEK Durangaldea Ekimena, celebraron el 27 de noviembre el VIII Fórum Técnico de Tratamiento Térmico, TRATER DAY 2025. Englobado en una agenda de marcado carácter técnico, la jornada se vertebró sobre ponencias de representantes de empresas y organizaciones de referencia para el sector en nuestro entorno industrial:

- Igor Pérez. Solution Engineer de Keysight: «Simulación del tratamiento térmico de piezas de aluminio fundido: predicción dimensional y tensiones residuales en pieza estructural».
- Jorge Almeida. Senior Sales Engineer de INSERTEC Furnaces and Refractories: «Descarbonización y electrificación en la fundición de aluminio. Alternativas al gas natural».
- Dr. Arron Rimmer. Director de ADI TREATMENTS LTD. «De subconjuntos de once elementos a una única pieza: un ejemplo de la combinación ventajosa de fundición y tratamiento térmico».

- Eugenio Pardo. Application Engineer de ONDARLAN, S.L.-INDUCTOTHERM GROUP IBERIA: «Descubriendo los secretos de la teoría del diseño de las bobinas de inducción».
- Rubén Díaz. Application Engineer de MESUREX Instrumentation and Control: «Termográfica aplicada al tratamiento térmico: fundamentos, novedades y aplicaciones».
- Dr. Jon Arruabarrena. Investigador del Área de Conformado y Tratamiento Térmico de AZTERLAN: «Cálculos termodinámicos para la definición de tratamientos térmicos: casos de uso».

La primera ponencia de la jornada corrió a cargo de Igor Pérez, especialista en software de simulación de la empresa KEYSIGHT, quien compartió una ponencia centrada en la simulación de piezas de aluminio. Pérez comenzó su presentación afirmando que el tratamiento térmico en aleaciones de aluminio fundido, induce fenómenos de redistribución de tensiones y deformación asociados a gradientes térmicos y relajación microestructural. “Durante la solubilización se libera parte de la tensión residual acumulada en la fundición, mientras que la etapa de temple (caracterizada por elevados gradientes térmicos) es la que genera la mayor distorsión geométrica por deformación plástica localizada. Entender la interacción entre temperatura, módulo elástico y cinética de precipitación es esencial para predecir el comportamiento final”.

El experto en simulación aseguró que la virtualización completa del proceso metalúrgico (desde la fundición hasta el tratamiento térmico), permite modelar con mayor fidelidad los mecanismos termo-mecánicos y que “simular no sólo el enfriamiento, sino también la transferencia térmica en función de la dirección y velocidad de temple, facilita anticipar la evolución tensional y térmica en la pieza real”. Compartió que las variables clave son: la orientación relativa de la pieza frente al flujo térmico, el medio de enfriamiento y el historial térmico previo heredado de la fundición (estado microestructural inicial). “El resultado es una predicción más robusta de distorsiones y tensiones internas antes de la fabricación”.

Del mismo modo, presentó a la audiencia que la aplicación sistemática de metrología virtual permite validar y ajustar estos modelos, mediante correlación entre geometría nominal (CAD), pieza real escaneada y simulación FEM. Esto posibilita evaluar la conformidad dimensional y cuantificar la desviación atribuible, tanto a fenómenos termo-mecánicos como a efectos de utillaje o condición real de proceso. Este enfoque está alineado con la transición hacia ingeniería de fabricación concurrente.

Pérez concluyó su intervención asegurando que la combinación de la fusión entre modelado avanzado y validación metrológica, reduce la incertidumbre de proceso y permite optimizar



Igor Pérez (KEYSIGHT) en un momento de su presentación en TRATER DAY 2025.

parámetros de tratamiento térmico de forma dirigida. “El objetivo no es sólo corregir desviaciones, sino diseñar el proceso para evitarlas: geometrías más estables, tensiones internas controladas y comportamiento mecánico reproducible, particularmente relevante en componentes estructurales críticos y escenarios de Gigacasting”.

Como segunda ponencia, el Dr. Arron Rimmer, experto en fundición ADI de la empresa ADI TREATMENTS, presentó un caso práctico del desarrollo de un nuevo diseño de pieza para un vehículo Unimog (camión de pequeñas dimensiones) que sustituye a un subconjunto de once piezas. «La aplicación de fundición dúctil austemperada (ADI) ha permitido reemplazar una estructura soldada de múltiples componentes de acero por una pieza de fundición monolítica”. Rimmer compartió que el éxito de la nueva pieza reside en el cambio de diseño geométrico, como de las propiedades mecánicas inherentes a la microestructura ausferrítica obtenida mediante austemperado, “lo que se traduce en un aumento significativo del factor de seguridad frente a cargas excéntricas y torsionales, que previamente causaban deformaciones y fallos en las versiones fabricadas en acero soldado”.

Rimmer compartió que, desde el punto de vista microestructural, el ADI 900-8 seleccionado ofrece un equilibrio optimizado entre resistencia y tenacidad, gracias a la transformación isotérmica

controlada de la austenita hacia ausferrita, proporcionando altos valores de resistencia y capacidad de deformación. “El proceso de austemperizado se realiza tras la fundición, con control térmico preciso y mediante el uso de barras de atado fundidas que estabilizan la geometría durante el tratamiento, asegurando una homogeneidad estructural a través de espesores considerables en la pieza final, sin degradación de propiedades mecánicas en el núcleo respecto a la periferia”.

El experto en ADI afirmó que la simulación y el análisis de tensiones muestran que los puntos críticos de concentración de esfuerzos (hot spots) que aparecían en el diseño original soldado son significativamente menores en la pieza de ADI, traduciéndose en reducciones drásticas de tensiones equivalentes de Von Mises bajo carga, y en un comportamiento más predecible frente a sollicitaciones complejas generadas por desalineaciones o cargas laterales durante operación real. “Este beneficio estructural está ligado tanto a la geometría de fundición optimizada como a la respuesta elasto-plástica del material austemperado”.

Rimmer también compartió que la transformación del proceso productivo, de fabricación soldada a diseño fundido y tratado térmicamente, también ha permitido simplificar la cadena industrial al disminuir operaciones de montaje, ajustar tolerancias finales mediante



Dr. Arron Rimmer (ADI Treatments) en TRATER DAY 2025.

mecanizado focalizado y mejorar la repetibilidad dimensional. Como conclusión compartió que “El control microestructural mediante tratamiento térmico puede servir como herramienta de diseño estructural y optimización funcional en aplicaciones industriales exigentes”.

Jorge Almeida, representante de INSERTEC Furnaces and Refractories, centró su participación en la necesidad de entender las características y los efectos sobre la producción de las alternativas reales que existen al gas natural, en el contexto de la descarbonización industrial y cómo la electrificación “aunque útil, no es una solución universal”. En sus palabras, la descarbonización no debe analizarse sólo desde el punto de vista energético y económico, sino desde el impacto directo que los combustibles y modos de combustión generan en los procesos térmicos y en la calidad final de las piezas tratadas térmicamente.

Según compartió el experto en desarrollo de hornos industriales, el biometano se presenta como la opción más inmediata y compatible: su composición y poder calorífico se parecen mucho al gas natural, por lo que puede usarse en hornos existentes sin alterar la temperatura de llama, los tiempos de ciclo ni la atmósfera de tratamiento, evitando alteraciones en la microestructura y propiedades mecánicas de los materiales tratados. “Esto es crucial para procesos como temple, revenido, normalizado, fusión o mantenimiento

térmico, donde la homogeneidad de temperatura y control atmosférico es determinante”. Además, compartió que, al tener un poder calorífico similar al gas natural, las tasas de transferencia térmica y los tiempos de ciclo no se ven afectados, manteniendo productividades constantes y evitando rediseños de hornos. La reducción de CO₂ asociada al biometano (entre 70-80% respecto al gas natural) permite además operar con una huella ambiental menor, sin sacrificar estabilidad térmica ni calidad metalúrgica.

Almeida también analizó el uso del hidrógeno como combustible, afirmando que introduce retos técnicos relevantes. “Su combustión produce llamas más calientes y grandes cantidades de vapor de agua, lo que afecta a los refractarios y puede generar oxidación indeseada en las piezas. Además, su alta temperatura favorece la formación de NOx, y la imposibilidad de ver la llama en infrarrojo complica el control del proceso”. Afirmó que, como consecuencia, usar hidrógeno en tratamientos térmicos exige rediseñar quemadores, sistemas de control y atmósferas internas, para evitar alterar la microestructura o el acabado superficial de los materiales. Por tanto, “mientras el biometano permite una transición rápida y estable, el hidrógeno es una opción prometedora pero que aún requiere adaptación tecnológica para garantizar que el rendimiento y la integridad de las piezas no se vea comprometido”.



Jorge Almeida (INSERTEC) durante su exposición en TRATER DAY 2025.

Seguidamente, el experto de ONDARLAN, S.L. Inductoterm Iberia, Eugenio Pardo, centró su ponencia en los distintos sistemas de inducción y sus características, afirmando que el temple por inducción se basa en un profundo conocimiento y aplicación de ingeniería electromagnética: selección de frecuencia, conocimiento de material, geometría de pieza y simulación. Gracias a ello, “en manos expertas, la inducción se convierte en una herramienta extremadamente precisa para obtener perfiles de dureza superficiales con control micrométrico y estabilidad repetitiva”, lo que hace que tenga un rol relevante en tratamientos térmicos de componentes críticos.

En sus palabras, “la gran ventaja de la inducción es la naturaleza superficial del calentamiento: la energía se deposita primero en la periferia de la pieza, obteniendo capas endurecidas externamente mientras el núcleo mantiene tenacidad”. Además, todo el proceso se realiza de forma rápida (centenares de grados por segundo), lo que permite tratamientos térmicos industriales de alta productividad.

Pardo compartió con la audiencia las características de distintos tipos de hornos de inducción, el proceso de diseño de la bobina y la selección de la frecuencia, “clave para determinar la profundidad de calentamiento”.

Como punto final de su exposición, el experto de Ondarlan también mostró cómo distintos materiales responden de forma diferente a

la inducción ofreciendo ejemplos reales de simulación por elementos finitos, donde se optimizaron espaciados entre espiras y distribución del campo magnético, para eliminar diferencias de temperatura de hasta 200°C en superficie.

Rubén Díaz, de MESUREX, empresa dedicada a la medición de temperatura sin contacto mediante pirómetros y cámaras termográficas para aplicaciones industriales, inició su intervención compartiendo que “la medición remota permite evitar el contacto con superficies sensibles o muy calientes, aumentar la seguridad del operario y medir múltiples puntos y superficies en tiempo real”. Según afirmó, el núcleo de esta tecnología es la radiación infrarroja emitida por los cuerpos, siendo clave elegir la longitud de onda adecuada dependiendo del material.

El experto en medición de temperatura recalzó que uno de los retos principales es la emisividad, es decir, la capacidad de un material de radiar temperatura. “En la práctica, casi nunca medimos cuerpos “ideales”, sino materiales reales con emisividades variables y, a menudo, desconocidas”. Según explicó, especialmente los metales pulidos como el aluminio o el cobre reflejan mucho, pero radian poco, lo que complica la lectura de este parámetro. Díaz compartió algunas técnicas que mejoran la captura de temperatura como



Eugenio Pardo (Ondarlan) en su presentación (TRATER DAY 2025).

son: el uso de longitudes de onda cortas en metales calientes, pintar la superficie, pegar etiquetas de alta emisividad o incluso aprovechar (o realizar) cavidades o agujeros en la pieza, donde la emisividad efectiva aumenta significativamente.

El experto de Measurex también destacó que otro aspecto relevante es la óptica de medida. “Con pirómetros se mide un único punto, siendo crítico que el spot completo esté sobre la pieza; en cambio, con cámaras termográficas capturamos áreas completas y podemos seleccionar la máxima temperatura dentro de la escena”. Hay casos donde es necesario medir a través de cristales: cuando la longitud de onda es corta, puede atravesar vidrio; cuando no lo es, se recurre a cristales especiales como seleniuro de zinc o silicio, cuyo coeficiente de transmisividad debe programarse en el equipo para corregir la medición. Incluso soluciones sencillas como films plásticos delgados pueden funcionar como filtros protectores transmisivos.

Díaz también expuso que la integración de longitudes de onda específicas permite aislar gases de combustión o medir producto sin interferencia de la llama. En conjunto, la selección correcta del tipo de sensor, la óptica, la longitud de onda y la programación de emisividad/transmisividad son críticas para medir con precisión en situaciones reales donde los materiales, superficies y condiciones varían mucho.

La sesión finalizó con la intervención del investigador de AZTERLAN especializado en Forja y Tratamiento térmico Jon Arruabarrena, quien explicó cómo las herramientas de simulación termodinámica (en particular Thermo-Calc) permiten predecir el comportamiento de aleaciones complejas en diferentes condiciones de temperatura, composición y tratamiento térmico. “Basadas en modelos termodinámicos rigurosos y en la minimización de la energía libre de Gibbs, estas herramientas permiten conocer qué fases están presentes, su estabilidad relativa y cómo evolucionan durante el calentamiento, enfriamiento y solidificación”. En palabras de Arruabarrena, “esto va más allá de realizar un cálculo: es lectura del material, una forma de entender las fases que lo constituyen y predecir su evolución con la temperatura o presión, sin tener que recurrir exclusivamente a experimentación prueba-error”.

Arruabarrena mostró casos reales de aplicación en los que este tipo de modelización resultó clave:

- Cálculo de estabilidad de fases nocivas en aceros calmados con aluminio para definir temperaturas óptimas de normalizado y garantizar la disolución de precipitados frágiles.
- Uso de diagramas de fase calculados para rediseñar composiciones de aceros inoxidables austeníticos, que propician un modo de solidificación plenamente austenítico, obteniendo condiciones de solidificación más favorables y evitando la ferrita residual a temperatura ambiente.



Raúl Díaz (Mesurex) en TRATER DAY 2025.

- Simulación del proceso de solidificación analizando temperaturas liquidus/solidus, previsión de segregaciones finales en fundiciones blancas.
- Evaluación de la susceptibilidad al agrietamiento en caliente mediante criterios empíricos aplicados sobre datos derivados del modelo termodinámico.
- Determinación de los diagramas CCT (Transformación bajo enfriamiento continuo) de grados de acero de estampación en caliente, para determinar los tiempos de inicio de la transformación a ferrita y microestructuras finales.
- Optimización de tratamientos térmicos mediante el modelado de difusión en fase sólida: calcular homogenización de elementos a diferentes temperaturas y tiempos, evaluar cuánto tarda en desaparecer el gradiente de composición entre el interior de la dendrita y los espacios interdendríticos.

- Ajuste de ciclo térmico para maximizar endurecimiento por precipitación. Obtención de propiedades mecánicas a partir de las características de la precipitación secundaria.
- Identificación del empobrecimiento de carbono en un recubrimiento aportado mediante cladding (en una soldadura láser entre materiales disímiles), debido a difusión hacia el sustrato en función del tiempo de mantenimiento a la temperatura pico de temple.

Como conclusión el experto de AZTERLAN destacó que “estos softwares no sustituyen al ensayo experimental, pero multiplican la capacidad de comprensión de los resultados y facilitan la predicción del comportamiento del material en otros escenarios. En manos expertas, permiten anticipar problemas, acelerar el desarrollo de materiales y diseñar tratamientos térmicos con una precisión que antes simplemente no era posible”.



Dr. Jon Arruabarrena (AZTERLAN) en TRATER DAY 2025.