

Nº 162
Año XXI - sept/diciembre 2020

soldadura y tecnologías de unión



revista de la Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión

ENTREVISTA A

ÑAKI IRIONDO

DIRECTOR TÉCNICO
DE EUROCARDIS





CESOL

les desea felices fiestas



Revista trimestral órgano oficial de la Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión-CESOL

Director

Fernando Mañas Arteche

Edita

SAF - Sistemas Avanzados de Formación, S.A.U.

Redacción

Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión
C/ Condado de Treviño, 2
(entrada por C/ Serrano Galvache)
28033 Madrid
Teléfono: 91 475 83 07
Fax: 91 500 53 77

Suscripciones

SAF
Teléfono: 91 475 83 07
Fax: 91 500 53 77

Consejo de Redacción CESOL

Fernández Villaamil, Carmen
Hernán León, Elena
Rosell González, Juan Vicente

Diseño, maquetación e impresión

Celso. Publicidad y Marketing
www.celso-publicidad.es

© Copyright

Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de la presente revista, por cualquier medio y soporte, sea mecánico, en papel o electrónico.

Depósito Legal

M-36488-2013

Signanos en

www.cesol.es y en las RRSS



Foto portada: Celso

CONTENIDO

EDITORIAL	■ Miguel Ángel Coello, Ingeniero Industrial, Vocal de la Junta Directiva de Cesol.	5
ACTUALIDAD	■ FRONIUS soldará prototipos para proveedores	6
	■ EnD0tec SAFE-HARD 600. Hilo tubular sin costuras de Castolin libre de Cromo y Níquel	6
	■ Patrona de CESOL Ntra. Sra. La Virgen de la Herrería	7
ENTREVISTA	■ Iñaki Iriondo, Director Técnico de EUROCARDIS	8
ARTÍCULOS TÉCNICOS	■ MODELO NÚMÉRICO PARA LA CARACTERIZACIÓN TERMO-FLUÍDICA DEL PROCESO DE FUSIÓN SELECTIVA POR LÁSER por F. Cordovilla, I. Angulo, A. García-Beltrán, J.L. Ocaña CENTRO LASER UNIVERSITARIO POLITÉCNICA DE MADRID	11
	■ MATERIAL DE APORTE Ag-Cu-Ti MODIFICADO CON FIBRAS Y PARTÍCULAS DE CARBONO PARA LA REDUCCIÓN DE TENSIONES RESIDUALES EN LAS UNIONES BRASEADAS DE CF/SIC Y TI-6AL-4V por X.Hernández, X. Azpiroz, C. Jiménez, A. García-Romero ATECNALIA RESEARCH & INNOVATION, BEHU, DEPARTAMENTO INGENIERIA MINERA, METALURGIA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES	18
INTERNATIONAL TECHNICAL ARTICLES	■ OPTIMISATION AND WELDING PRE-QUALIFICATION OF HEAVY PLATE FOR OFFSHORE APPLICATIONS C.H.J. Gerritsen ¹ , X. Veys ¹ , M. Liebeherr ¹ , J.M. Vígil ² 1. ARCELORMITTAL GLOBAL R&D GENT/OCAS N.V. (BELGIUM) 2. ARCELORMITTAL GIJÓN (ESPAÑA)	27
TALLER DE SOLDADURA	■ ¿CÓMO ES UNA SOLDADURA POR DENTRO? José García Díaz, miembro de CESOL	34
INFORMACIÓN DE CESOL	■ Entrevista a Beatriz Martín, responsable del Departamento de Formación de CESOL	36
	■ Información de la Junta Directiva de CESOL	39
	■ Programación de Cursos del año 2021	40
	■ Personal de soldadura. Personal Certificado	44
BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN A LA REVISTA		47
AGENDA 2020/2021		48
PUBLICACIONES Y RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS		50
BOLSA DE EMPLEO		53
FOTOGRAFÍA TU TRABAJO		54
DIRECTORIO DE EMPRESAS		55



**Miembro
de pleno derecho de
la Federación Europea
de END (EFNDT) y del
Comité Internacional
de END (ICNDT)**

PRINCIPALES ACTIVIDADES

- **Certificación** del personal de END, a través de su organismo independiente CERTIAEND (acreditado por ENAC según EN ISO/IEC 17024 y UNE EN ISO 9712).
- **Formación** en END. Cursos permanentes en la sede y también a medida en las instalaciones del cliente.
- **Cualificación** del personal de Niveles 1, 2 y 3 que realiza END en el sector Aeroespacial, de acuerdo con UNE EN 4179, a través del centro de examen de la AEND, CECAEND.
- **Publicación** de manuales y textos de estudio.
- **Difusión** mediante su revista "END".
- **Organización** de eventos nacionales e internacionales.
- **Participación** en proyectos internacionales.
- **Normalización**, participando en los Comités Técnicos CTN 130 de AENOR, TC 138 del CEN y TC 135 de ISO.



Miguel Ángel Coello, Ingeniero Industrial, Vocal de la Junta Directiva de Cesol.

Quisiera comenzar esta editorial con un afectuoso saludo a todos los asociados, en unos momentos, que a falta de otra palabra se pueden definir como complicados.

La marcha de los acontecimientos en los últimos meses nos obligan a prever un futuro cercano complejo, con un gran nivel de incertidumbre tanto en lo económico como en lo social.

Los pensamientos que aquí expongo, sin embargo, me gustaría que estuvieran situados en un punto diametralmente opuesto a esta situación, optando por el optimismo frente a una previsión aciaga.

Optimismo, o al menos esperan-

za, al observar la capacidad de adaptación, de resistencia y de esfuerzo que muchas personas y empresas que en nuestro entorno demuestran, hoy más que nunca y que han sido capaces de reconvertirse ante las necesidades actuales.

Capacidad de adaptación y de esfuerzo que ha conseguido que el personal de CESOL transformara, en muy breve espacio de tiempo, que los cursos presenciales se pudieran impartir de forma telemática sin perder su entidad, o que gestión y administración mantenga su funcionamiento con normalidad.

Mi más sincera enhorabuena al

personal de la Asociación por su compromiso y entrega.

La forma que tengamos de re-direccionar nuestros esfuerzos para ajustarnos a las necesidades futuras, así como los medios y energía que dispongamos para enfrentarnos a este presente va a ser lo que marque el éxito de nuestras empresas y proyectos, teniendo siempre en cuenta que nadie lo va a hacer por nosotros, y que los cambios que estos tiempos nos exigen saldrán de nuestra propia motivación.

El golpe a determinados sectores de la economía, algunos de ellos excesivamente castigados, implicará la reconversión de una parte del espectro laboral. Debemos valorar, desde una posición cercana, la capacidad de absorber parte de ese movimiento, ofreciendo la formación, la experiencia y la posibilidad de integrarse dentro de las tecnologías de unión, que implica sectores tan amplios como la soldadura o los adhesivos.

Entiendo que también entra dentro de nuestra responsabilidad facilitar nuevas vías dentro del mercado laboral, tanto desde el punto de vista de asociación, como desde el punto de vista profesional.

Es por esto, por lo que termino estas líneas con el mismo tono de esperanza con el que las comenzaba, por la confianza que inspiran muchos de los profesionales que nos rodean, y que no cejan en su empeño por mejorar y superar todas las dificultades.

Sin más, un afectuoso abrazo a todos los socios

Fronius soldará prototipos para proveedores

El nuevo centro de prototipos de Fronius International empezará a funcionar a finales de otoño de 2020. En su sede en Wels, además de desarrollar soluciones de tecnología de unión personalizadas para cada cliente, se soldarán pequeñas series de componentes para la fase de prototipo.

Debido a las nuevas tendencias, como la electromovilidad, surgen nuevos tipos de componentes y, al mismo tiempo, nuevos desafíos en la producción, por ejemplo en lo referente a conocimientos específicos en materia de tecnología de unión. Para producir prototipos, es necesario invertir en sistemas específicos para ello. «Gracias al trabajo conjunto con proveedores durante los últimos años, hemos aprendido que la construcción de prototipos es importante y que, al mismo tiempo, genera incertidumbre entre nuestros clientes. Por eso decidimos ponernos manos a la obra para ofrecerles nuestro apoyo», declara Harald Scherleitner, Director Comercial de la Unidad de negocio Perfect Welding.

Dando un paso estratégico más para convertirse en proveedor de soluciones, Fronius Perfect Welding va a empezar a soldar componentes para prototipos a petición del cliente. Esto significa que los clientes no tendrán que invertir en sus propios centros de prototipos y tendrán acceso a toda la experiencia en soldadura de Fronius.



Wolfgang Scherleitner, Director del Centro de Prototipos, continúa: «Ofrecemos apoyo a nuestros clientes en la tecnología de procesos y desarrollamos la solución de soldadura perfecta para cada componente en nuestra propia empresa. Cuando se dé el paso hacia la producción en serie, nosotros, como contratista general, también podremos suministrar directamente los sistemas de soldadura necesarios.»

EnDotec SAFE-HARD 600

Hilo tubular sin costuras de Castolin libre de Cromo y Níquel

Castolin ha desarrollado un nuevo hilo tubular sin costuras, libre de Cromo Hexavalente VI inspirado en la seguridad y diseñado para un máximo rendimiento contra el desgaste, con un aumento de la vida útil en servicio, proporcionando máxima rentabilidad para todas las industrias reduciendo los costes de soldadura y mantenimiento.

Ofrece una excelente resistencia al desgaste combinado de impacto y abrasión.

Entre sus principales características destacamos:

- Cumple con los Límites de Exposición Profesional europeos más exigentes
- Menor emisión de humos y excepcional riesgo cero de presencia de CrVI
- Mejor rendimiento frente al desgaste combinado por abrasión/ impacto
- Amplia variedad de aplicaciones y usos gracias a su avanzada formulación

Para más información: www.castolin.com



PATRONA DE CESOL NTRA. SRA. LA VIRGEN DE LA HERRERÍA

El primer domingo de septiembre se celebra el día de Nuestra Sra. La Virgen de la Herrería, Patrona de CESOL y Patrona de El Escorial.



Debido a las medidas sanitarias provocadas por la pandemia del Covid-19, este año 2020 que además se conmemoraban otras efemérides:

- 450 años de la fundación de la Real e Ilustre Hermandad
- 425 años del patronazgo de la Virgen de la Herrería sobre la Leal Villa de El Escorial
- Bodas de Plata de la Coronación Canónica de la Imagen de Ntra. Sra. la Virgen de la Herrería
- 425 de la Consagración del nuevo Templo Parroquial de San Bernabé

Todas ellas se iban a celebrar en el transcurso del año, pero han tenido que ser suspendidas o en el mejor de los casos, modificadas para tan solo recordar mínimamente su aniversario.

El domingo 6 de septiembre se celebró en la Parroquia de San Bernabé la Misa Mayor en Honor de la Virgen. Antes le fue concedido a CESOL el Lazo de la Real e Ilustre Orden de Ntra. Sra. la Virgen de la Herrería que fue recogido por el Vicepresidente de CESOL, D. José Ángel Díaz Rodríguez. Debido a las limitaciones de aforo en el Templo por el tema de la pandemia, tan solo asistieron cinco personas en representación de CESOL, sin poder convocar a los miembros de CESOL como en anteriores ediciones.

Al final de la Misa el Hermano Mayor de la Hermandad, D. Javier Vicente Montero, se despidió como Hermano Mayor tras 33 años en el cargo con unas emotivas palabras agradeciendo el apoyo y la colaboración durante todo este tiempo.



IÑAKI IRIONDO

DIRECTOR TÉCNICO DE EUROCARDIS



¿Cómo y cuándo nace Comercial Eurocardis?

Nace en Vitoria en 1992 con la actividad comercial de suministro industrial en general. A través del estudio del mercado, vimos la posibilidad de comercializar consumibles de soldadura, especialmente hilo macizo, que empezamos a importar de otros países europeos.

Ese primer contacto con el mundo de

la soldadura, nos abrió todo un mundo de posibilidades.

¿Cómo ha evolucionado en estos años?

En aquellos años empezamos a conocer diferentes fabricantes y productos asistiendo a ferias nacionales e internacionales, y sobre todo fuimos descubriendo las necesidades que tenían nuestros clientes de ese sector. En ese momento comienza

nuestra larga y fructífera relación con ESAB IBÉRICA, el líder europeo de equipos y consumibles para soldadura, del que somos Distribuidor Oficial. Esta relación nos permitía acceder a un amplísimo catálogo de productos para todos los procesos y sectores.

Así mismo, iniciamos la relación de agencia para Abelló Linde, ahora Linde Gas, lo que nos posibilitaba dar a nuestros clientes de soldadura un



servicio casi integral aunque todavía nos faltaba incorporar productos y servicios que hemos ido desarrollando con el paso de los años.

Este proceso de crecimiento requería un lógico esfuerzo en formación y especialización por nuestra parte. En esta fase cobró especial importancia CESOL (somos miembros industriales desde 2008), donde pude acreditarme como IWS en primer lugar y como Inspector más tarde.

¿Cuáles son las principales áreas de actividad de Comercial Eurocardis?

En estos años nos hemos consolidado como distribuidores especialistas en dos grandes áreas: Soldadura y Lubricación Industrial. En ambas somos capaces de dar un servicio integral a nuestros clientes. En soldadura, además de nuestras colaboraciones con Esab Ibérica y Linde

Gas consideramos la necesidad de incorporar un fabricante de prestigio internacional como Nederman para los temas de aspiración y filtración, y por supuesto la formación de la mano de la Academia de Soldadura Linde, un referente a nivel nacional.

En lubricación colaboramos con diferentes fabricantes en función de las necesidades de nuestros clientes que pueden ser de sectores muy diversos como la automoción, metalworking, alimentación...

Pero siempre desde un perfil muy técnico, utilizando herramientas de mantenimiento preventivo como la analítica de lubricantes.

¿En qué sector tienen mayor volumen de negocio?

En nuestra área de influencia la automoción es un sector clave, así como

el ferroviario y la estructura metálica. Como es lógico, es muy difícil que una empresa pequeña como la nuestra pueda ser proveedor de los grandes fabricantes en los materiales de alto consumo que en muchas ocasiones tienen acuerdos a nivel transnacional, pero la industria auxiliar alrededor de estas empresas tractoras son para nosotros clientes fundamentales.

¿Qué ventajas aporta Comercial Eurocardis a sus clientes frente a sus competidores?

La fundamental es poder dar a nuestros clientes un servicio integral que engloba el suministro de todo tipo de equipos y consumibles para soldadura y el mantenimiento de los mismos, una logística de garantía, así como el poder dar un servicio de asesoramiento, formación y coordinación para la acreditación de calidad.



Otra ventaja clara es que acercamos todo el potencial a nivel de productos, I+D+i y conocimiento de nuestras empresas representadas, que son líderes del sector, a los clientes a nivel local. La satisfacción del cliente es nuestro objetivo final y en ello enfocamos todos nuestros esfuerzos.

¿Qué soluciones novedosas ofrecen a sus clientes del ámbito de la soldadura?

Ahora mismo tenemos un proyecto muy interesante para habilitar procesos de digitalización en el ámbito de la soldadura, que integra todo el sistema documental de trazabilidad, procedimientos y homologaciones, etc... Así mismo está muy enfocado en la mejora de la productividad, la calidad de los procesos y el ahorro energético para cumplir con los ob-

jetivos de sostenibilidad de los clientes. Todo ello se consigue al parametrizar muchas variables al mismo tiempo. Creemos que tiene un gran potencial.

En materia de formación, ¿que ofrecen a sus clientes?

No tenemos un programa estándar, analizamos con los clientes sus necesidades y en función de ellas proponemos un tipo de formación u otro. El poder contar con la ayuda de los técnicos e ingenieros de la Academia de Soldadura Linde, con la que colaboramos desde 2009, nos abre un abanico de posibilidades amplísimo.

¿Cómo está afrontando Comercial Eurocardis la actual crisis sanitaria?

Por el lado de la prevención hemos

puesto en marcha todas las medidas a nuestro alcance para poder seguir con nuestra actividad con normalidad. En los primeros momentos de la pandemia, que en nuestra provincia fue muy acusada, mantuvimos nuestra actividad para atender a clientes con actividades esenciales como la industria alimentaria.

Por otro lado estamos expectantes, ya que parece claro que va a haber cambios fundamentales en la industria que vienen para quedarse como el teletrabajo. Indudablemente nos esperan tiempos duros, pero debemos afrontarlos con serenidad y espíritu cooperativo.

Tenemos que superar esta terrible situación con flexibilidad y el esfuerzo de todos los agentes sociales.

MODELO NÚMÉRICO PARA LA CARACTERIZACIÓN TERMO-FLUÍDICA DEL PROCESO DE FUSIÓN SELECTIVA POR LÁSER

F. Cordovilla, I. Angulo, A. García-Beltrán, J.L Ocaña
CENTRO LASER UNIVERSITARIO POLITÉCNICA DE MADRID

RESUMEN

La productividad en el proceso de Fusión Selectiva por Láser (SLM por sus siglas en inglés) está directamente relacionada con el espesor del lecho de polvo que se aplica repetidamente, en cada incremento, en el crecimiento del material consolidado durante la fabricación por capas de la pieza. Aunque la mayoría de los fenómenos relevantes (difusividad limitada asociada al contacto de partículas, cambios de fase, gradientes de tensión superficial asociados con la convección de Marangoni o incluso la conocida como Recoil Pressure), se consideran en los modelos con un pequeño espesor de capa (aproximadamente 20 μm - 40 μm), en el caso de espesores más grandes (entre 100 μm y 200 μm), estos factores influyen fuertemente en el tamaño y la forma del baño de fusión, lo que conduce a una geometría no trivial del material consolidado final. El presente trabajo propone el uso del método conocido como Arbitrary Lagrangean-Eulerian (método ALE) para resolver las ecuaciones térmicas y de Navier-Stokes en el marco de una discretización dotada de movimiento libre para predecir simultáneamente la evolución espacio-temporal de la temperatura y la dinámica asociada del baño de fusión. De este modo es posible usar un dominio continuo para representar el lecho de polvo, que, en lugar de un enfoque basado en la representación de las partículas, es ventajosamente compatible con parámetros de proceso realistas, donde el láser cubre largas trayectorias.

1. INTRODUCCIÓN

La fabricación aditiva a través de la tecnología de Fusión Selectiva por Láser permite el crecimiento de piezas tridimensionales por medio de un haz láser móvil que funde parte del material depositado en una capa de polvo metálico. La repetición del proceso capa a capa permite construir la estructura de la pieza uniendo el material consolidado en cada capa con el material consolidado en la capa anterior.

El espesor de la cada capa de polvo aplicada tras la consolidación del material en una capa previa, dependerá, a su vez, de la altura final del material previamente consolidado, que generalmente no coincide con el grosor del lecho de polvos, si no que es mucho más alta.

Este fenómeno está asociado a la baja difusividad térmica del polvo que hace que el baño de fusión crezca alrededor del área de interacción láser-polvo, implicando de este modo una cantidad considerable de material fundido. Este material tiende a crecer adquiriendo forma de gota, como consecuencia de su alta tensión superficial y gracias a la libertad de movimiento que permite la relativamente bajas viscosidad dinámica y densidad del polvo metálico que rodea el baño de fusión.

En el caso de las capas de polvo con un grosor relati-

vamente bajo ($20\ \mu\text{m}$ - $40\ \mu\text{m}$) estos fenómenos pueden modelarse mediante algunas simplificaciones, como la activación o desactivación de elementos finitos en el caso de los modelos FEM, con el objetivo de adaptarse a los cambios geométricos y físicos del material. Tal es el caso del trabajo de Michaleris, 2014, para el procesador de fusión directa con láser, o también, proporcionando un criterio cuantitativo basado en temperaturas para estudiar la adhesión entre el material consolidado y el sustrato como lo propone [1].

La presente contribución propone un modelo acoplado termo-fluídico que tiene como objetivo la consideración de espesores de capa de hasta $200\ \mu\text{m}$ para estudiar la evolución espacio-temporal de la temperatura y sus consecuencias en el cambio de fase y en la dinámica del baño de fusión. Este enfoque supera el tamaño, y por lo tanto el realismo, del dominio que puede estudiarse mediante modelos basados en la discretización a la escala de las partículas, como se hace en el trabajo [2]. Las propiedades fluidicas más críticas, la viscosidad dinámica y la tensión superficial, han sido modeladas teniendo en cuenta los fenómenos mencionados anteriormente para el crecimiento del material consolidado en un medio que no limite las capacidades de movimiento del baño de fusión.

El método Arbitrary Lagrangean-Eulerian [3] permite grandes desplazamientos de la discretización y, junto con técnicas para el remallado automático del dominio, constituye una poderosa herramienta para resolver las ecuaciones térmicas y de Navier-Stokes en el modelo de un material que experimenta cambio de fase y dinámica de flujo, como consecuencia de las diferentes cargas en el baño de fusión.

La distorsión de los elementos finitos, como indicador cuantitativo de la cantidad de deformación experimentada por ellos, se presenta como el criterio más efectivo para determinar la situación en la que se debe hacer una nueva discretización, tomando como referencia geométrica la última estructura deformada.

Un análisis previo basado en la formación de una gota como consecuencia de un cambio de fase inducido por un calentamiento por láser se presenta como un procedimiento para ajustar el índice de distorsión para hacer una nueva discretización.

Los resultados de los modelos son capaces de seguir las tendencias observadas en los experimentos del proceso,

en términos de la sección transversal de los cordones consolidados calculadas y los obtenidos en las pruebas reales del proceso.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El modelo, geoméricamente, consta de dos dominios; uno que representa el sustrato sobre el que se deposita el polvo y con el que el material fundido debe consolidarse, y un segundo, que representa la capa de polvo. La Fig. 1 muestra un diagrama del modelo.

El cuadrado que representa el sustrato tiene un área de

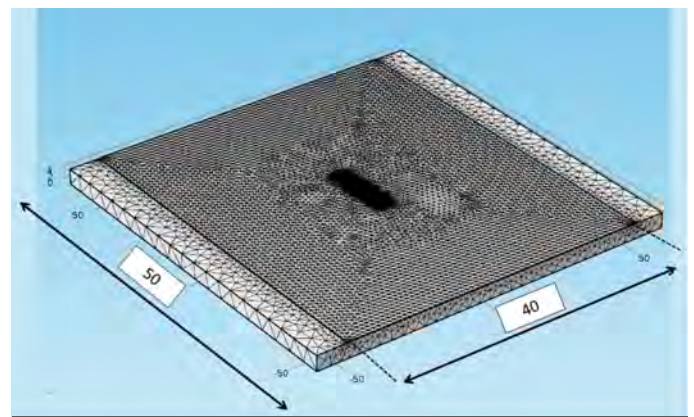


Figura 1. Modelo de la capa de polvo depositada en el sustrato

$50 \times 50\ \text{mm}^2$, mientras que la superficie de la capa de polvo es de $50 \times 40\ \text{mm}^2$. Como se puede ver en la Fig. 1, el tamaño de los elementos en la discretización está relacionado con las diferentes entidades geométricas. Mientras que los alrededores del sustrato se materializan mediante grandes elementos, ya que su única misión es la difusión final del calor introducido en el material, los elementos en la región en la que va a producirse la interacción láser-polvo tienen un tamaño de elemento máximo de $0.1\ \text{mm}$, para un haz láser gaussiano de $3\ \text{mm}$ de diámetro en todas las pruebas presentadas en el presente documento.

El espesor de la capa de polvos es de $200\ \mu\text{m}$ con el objetivo de estudiar procesos capaces de proporcionar una productividad relativamente alta. Se basa en el dominio que representa el sustrato con un espesor de $5\ \text{mm}$, que se ha considerado suficiente como para permitir que el calor se difunda.

El motivo de las grandes dimensiones en comparación con el diámetro del haz láser se aclarará en la sección 3.2, teniendo en cuenta las necesidades de movilidad y convergencia para el problema de la malla móvil.

Las pruebas experimentales se han llevado a cabo por medio de un láser de diodo, liberando radiación a una longitud de onda de 900 nm. El material consolidado se ha cortado y preparado convenientemente para un análisis metalográfico.

3. DEFINICIÓN DEL MODELO

El crecimiento de un cordón de metal consolidado por la fusión de una capa de polvo mediante un haz láser en movimiento es un fenómeno complejo que involucra transferencia de calor en un medio que, posteriormente, experimenta un cambio de fase, alcanzando un régimen fluido-dinámico, después de las etapas de consolidación y solidificación.

Por un lado, el acoplamiento entre los cálculos térmicos y fluidicos destaca como las propiedades del material y su dependencia de la temperatura y con el estado del material (sólido, líquido o en polvo), como un factor clave para lograr una definición adecuada del cambio de fase. Por otro lado, el impulso impuesto en el baño de fusión resultante, como consecuencia principalmente del gradiente de tensión superficial, lo dota de grandes desplazamientos que solo pueden abordarse mediante un dominio de malla móvil, haciendo uso del enfoque Arbitrary Lagrangean-Eulerian. Las condiciones de contorno del problema de la malla móvil, con respecto a la definición de la superficie libre, su extensión y sus límites, introducen factores condicionantes no intuitivos que determinan la convergencia exitosa del problema numérico.

3.1. Problema Termo-Fluido

Ambas ecuaciones, la de conducción de calor y la de Navier-Stokes se resuelven de forma simultánea a lo largo del volumen del dominio.

Por lo tanto, la concepción del material cuando su temperatura está por debajo del punto de fusión, como estado sólido, necesita el ajuste adecuado de las propiedades fluidicas que permiten que el fluido se comporte, desde el punto de vista dinámico, como un sólido, es decir, sin desplazamientos y sin ningún efecto tangencial que tienda a minimizar su energía superficial. Estas propiedades son la viscosidad dinámica, que con valores relativamente altos evita que el material fluya por su propio peso y la tensión superficial que varía desde valores muy bajos cuando el material se encuentra próximo a la fusión hasta valores de entre 0,5 N/m y 2 N/m para metales líquidos.

La Eq. (1) representa genéricamente el fenómeno de transferencia de calor para un flujo de fluido.

(1)

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \vec{u} \nabla T = \nabla(\kappa \nabla T) + Q$$

En la Eq. (1) el término C_p representa la capacidad calorífica del material, ρ es su densidad, κ representa la conductividad térmica del material y Q da cuenta de todas las posibles absorciones de calor o generaciones por unidad de volumen en el dominio, como los calores latentes los cambios de fase. El vector u simboliza el campo de velocidad del metal líquido. Cuando está en estado sólido, este término vale 0, y también el segundo término en Eq. (1) convirtiéndolo en la clásica ecuación de transferencia de calor en sólidos.

El flujo de calor de la fuente de láser se impone como una condición de contorno para la cara irradiada, como se expresa en la ecuación.

(2)

$$-\vec{n}(-\kappa \nabla T) = Q_b$$

Con respecto al problema de flujo de fluido la Eq. (3) introduce la ecuación de Navier-Stokes para el flujo laminar.

(3)

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} = \nabla[-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] + F$$

En Eq. (3) el término μ representa la viscosidad dinámica del material, p es la presión hidrostática, I es la matriz identidad y F representa cualquier fuerza por unidad de volumen que pueda afectar el material líquido, como el peso propio.

Mientras que las condiciones de contorno que definen las paredes del líquido se presentan en la siguiente subsección asociada al problema de la malla móvil, el fenómeno termocapilar, también conocido como convección de Marangoni, es un importante factor de acondicionamiento para la definición geométrica del baño de fusión y se introduce de forma natural como una condición de contorno en la formulación débil de Eq. (3).

El primer paso en la formulación débil de una ecuación diferencial parcial es integrarla en el dominio estudiado y multiplicar cada término por las denominadas funciones de prueba, como se muestra en la ecuación.

(4)

$$\int_{\Omega} \rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} \cdot \varphi = \int_{\Omega} \nabla[-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] \cdot \varphi + \int_{\Omega} \rho \vec{g} \cdot \varphi$$

En Eq. (4) Ω denota el volumen en el que va a integrarse la ecuación diferencial parcial, φ es la función de prueba siguiendo el esquema del método de elementos finos y el último término, que en la ecuación (3) se introduce como cualquier fuerza de volumen externo, ahora se particulariza como el peso específico del material.

Al usar integración por partes, el segundo término de Eq. (4) puede transformarse en la adición de una integral de volumen más una integral de superficie, como Eq. (5) se desarrolla.

(5)

$$\int_{\Omega} \nabla[-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] \cdot \varphi = \int_{\Omega} [-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] \cdot \varphi \cdot \vec{n} + \int_{\Omega} [-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] \cdot \varphi'$$

En Eq. (5) el término Ω' representa la integral de superficie para el problema de fluidos. La convección de Marangoni es un efecto tangencial sobre la superficie libre del metal líquido como consecuencia de la dependencia térmica de la tensión superficial y su subsiguiente gradiente superficial. Emparejando la integral de la superficie de Eq. (5) con la derivada de la temperatura de la tensión superficial, y y las derivadas de la temperatura espacial en la superficie libre, permite tener en cuenta el fenómeno de la termo-capilaridad, incluido generalmente este efecto en el modelo, como Eq. (6) describe.

(6)

$$\int_{\Omega'} [-pI + \mu \nabla \vec{u} + \mu (\nabla \vec{u})^T] \cdot \varphi \cdot \vec{n} = \gamma \frac{\partial T}{\partial x} \varphi_x + \gamma \frac{\partial T}{\partial y} \varphi_y$$

La Fig. 2 izquierda muestra la tensión superficial, σ_{Sup} , del material de trabajo en función de la temperatura. La Fig. 2 a la derecha muestra la viscosidad dinámica, μ , del material en función de la temperatura. Ambas, las funciones de tensión superficial y la función de viscosidad dinámica, consideran, específicamente, el comportamiento del cambio de fase.

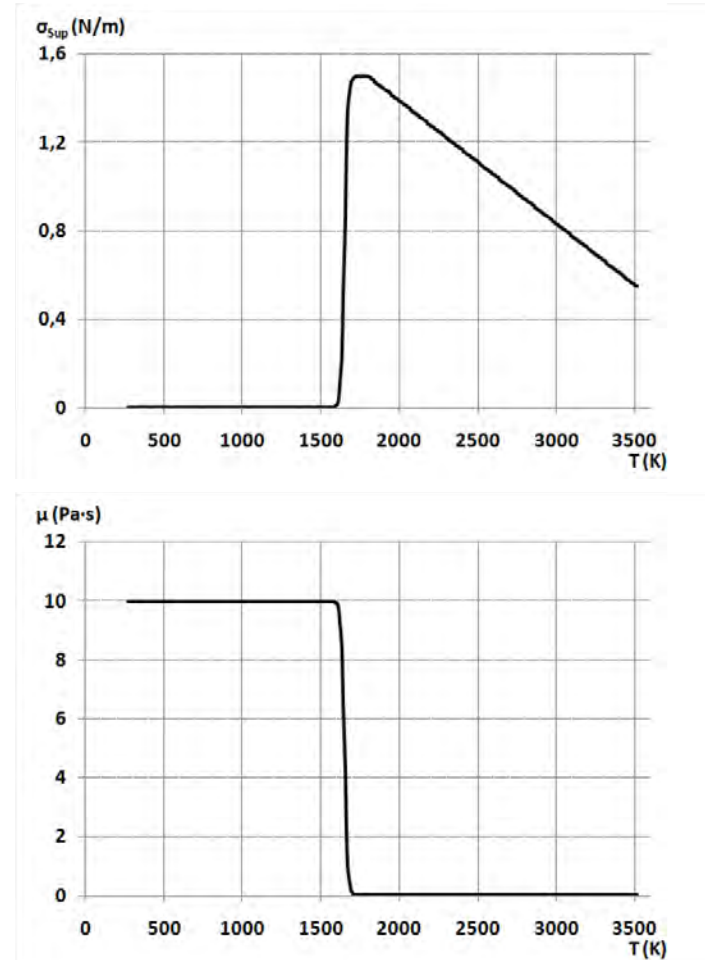


Figura 2. Tensión superficial (izquierda) y viscosidad dinámica (derecha) en función de la temperatura.

De la Fig. 2 se puede ver cómo el cambio de fase para ambos, tensión superficial y viscosidad dinámica, comenzando a una temperatura alrededor de 1600K, se modela considerando un calentamiento lejos del equilibrio, desarrollando la transformación del material en un líquido a lo largo de un intervalo de 100K describiendo una función sigmoide.

En el caso de la tensión superficial, su valor máximo aparece después de la conversión del material en líquido y luego disminuye con una pendiente constante, cuyo valor es, a su vez, la derivada de la temperatura de la tensión superficial, γ , obtenida después de la metodología propuesta por [4]. Por encima de 3500K se alcanza el punto de ebullición del material y el modelado como líquido ya no es posible.

La función propuesta para la viscosidad dinámica permite que el material fluya como líquido como consecuencia de un bajo valor correspondiente al metal líquido después de la transición de fusión, mientras que evita que el material fluya en correspondencia a un valor relativamente alto antes del punto de fusión. En el contexto de la ecuación de Navier-Stokes, el estado sólido del material se modela, por

lo tanto, como un fluido sin capacidad de fluir para las cargas presentes en el proceso.

3.2. Problema de discretización móvil

En el caso de un estudio de malla móvil con el objetivo de representar el movimiento de un fluido bajo el efecto de cargas internas y externas, hay dos factores que determinan la definición completa del sistema [5]: los límites de los contornos de movimiento libre para la discretización, para proporcionar el modelo con condiciones iniciales estables, y el criterio para volver a discretizar el dominio una vez que ha experimentado grandes desplazamientos como consecuencia de la representación de los movimientos del fluido, impidiendo que los elementos asociados a la discretización den como resultado una condición de distorsión extrema.

La estabilidad de un dominio que representa un fluido donde hay una superficie libre necesita la definición de sus límites, en los que el movimiento no está permitido, para crear el recipiente donde se asigna el fluido, incluso cuando la viscosidad dinámica tiene un alto valor representando una sustancia sólida, en el caso de un dominio para un material con cambio de fase, ya que el movimiento de los límites del recipiente en el que está el fluido, debe ser estrictamente cero.

La combinación, en el mismo dominio, de límites donde el movimiento está prohibido con otras regiones donde hay grandes desplazamientos asociados con el movimiento del material fundido y con la formación de gotas, resulta en una gran compresión de los elementos fijos en los límites, por la transición mecánica del movimiento a través de los elementos intermedios. Esta situación conduce a la distorsión local de los límites más allá de la convergencia de los cálculos numéricos, que, adicionalmente, no pueden resolverse mediante re-discretización automática, ya que esta distorsión no implica un cambio sustancial de la geometría. La figura 3 a la izquierda muestra una vista en planta del láser que irradia el lecho de polvo (como una distribución de temperatura junto con la tabla de colores cuya unidad es K). El círculo indica la protrusión de un elemento límite como consecuencia de la deformación impuesta por la formación de gotas asociada con el láser que actúa en las proximidades del contorno del dominio. La Fig. 3 a la derecha muestra una vista detallada de la protrusión en el límite, que destruye la convergencia de la solución numérica debido a la limitada capacidad de deformación de los elementos.



TERRA & URANOS

The New Reference in Welding Machines.

Con nuestra gama de equipos Terra & Uranos ponemos nuevos estándares en todos los procesos de soldadura estándar y especiales. Una combinación única de consumible de soldadura y fuente de potencia que te permite obtener las MEJORES SOLUCIONES en soldadura de las cuales puedes estar orgulloso. Es lo que nos motiva – con una garantía de 5 años en todos los equipos de soldadura Terra & Uranus.



Scan for
more information

Para evitar la distorsión local de los elementos limítrofes, la distancia entre la región en la que se produce el cambio de fase y los límites debe ser lo suficientemente larga como para permitir que los elementos intermedios disipen los pequeños movimientos de los elementos sometidos a desplazamiento, evitando que los elementos limítrofes tengan que acumular este desplazamiento. Por esta razón, como se puede ver en la Fig. 1, el proceso se modela como un lecho de polvo cuadrado relativamente grande de $40 \times 50 \text{ mm}^2$ alrededor del área de interacción, cuyas dimensiones se pueden caracterizar por el diámetro del haz láser de 3 mm. Los límites donde el movimiento no está permitido son los lados del cuadrado.

Las deformaciones del dominio en el área de interacción también pueden implicar la distorsión de los elementos afectados. Sin embargo, a diferencia del caso de la distorsión local de los elementos limítrofes, la deformación de la malla durante la formación del cordón un patrón regular a lo largo de una gran cantidad de elementos, dando lugar a un contorno suave. En este caso, la distorsión de los elementos puede controlarse para construir un nuevo dominio y una nueva discretización asociada sobre la base de la disposición deformada actual, antes de que alcance una distorsión tan grande que arruine la convergencia de los cálculos numéricos. Desde un punto de vista matemático, el concepto de distorsión mide la curvatura de los elementos que representan el dominio. Se calcula a través de un índice jacobiano, y va desde 0, en un estado inicial con deformación nula, a cualquier valor positivo. La selección de un valor como criterio para hacer la corrección debe ajustarse para cada situación.

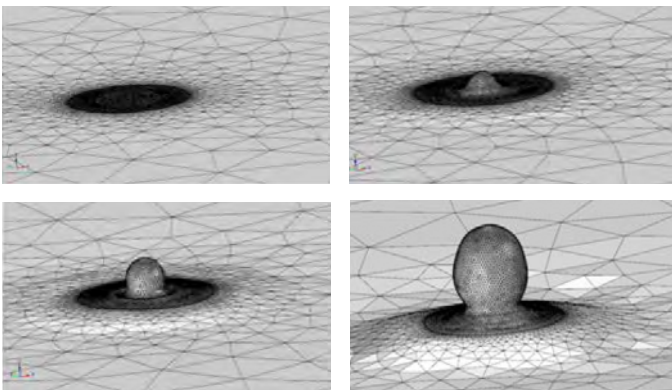


Figura 4. Formación de gota como consecuencia de un cambio de fase inducido por el calentamiento del láser con un índice de distorsión de 1,25 como criterio para la formación de una nueva discretización

La Fig. 4 muestra las cuatro discretizaciones diferentes en la formación de una caída como consecuencia de un

pulso láser sobre el material modelado. Este ejercicio ha permitido seleccionar un índice de distorsión de 1.25 para la simulación del proceso.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La predicción de la sección transversal del cordón consolidado, considerando su altura, ancho y forma, es la principal contribución de la modelización actual, antes de la detección de defectos, lo que requiere consideraciones adicionales en posteriores desarrollos del modelo, asociados a la distribución aleatoria de las propiedades termo-físicas en el lecho de polvo.

La figura 5 compara la sección transversal teórica obtenida para una velocidad del láser de 1020 mm/min y una potencia de 1000 W con el resultado experimental correspondiente. La altura total calculada del cordón es de alrededor de $500 \mu\text{m}$ y su anchura ligeramente superior a 1 mm. Ambas magnitudes, altura y ancho son, hasta cierto punto, más grandes en el resultado experimental que en las predicciones teóricas. La forma general prevista del cordón, sin embargo, sigue, principalmente, el patrón geométrico del resultado experimental.

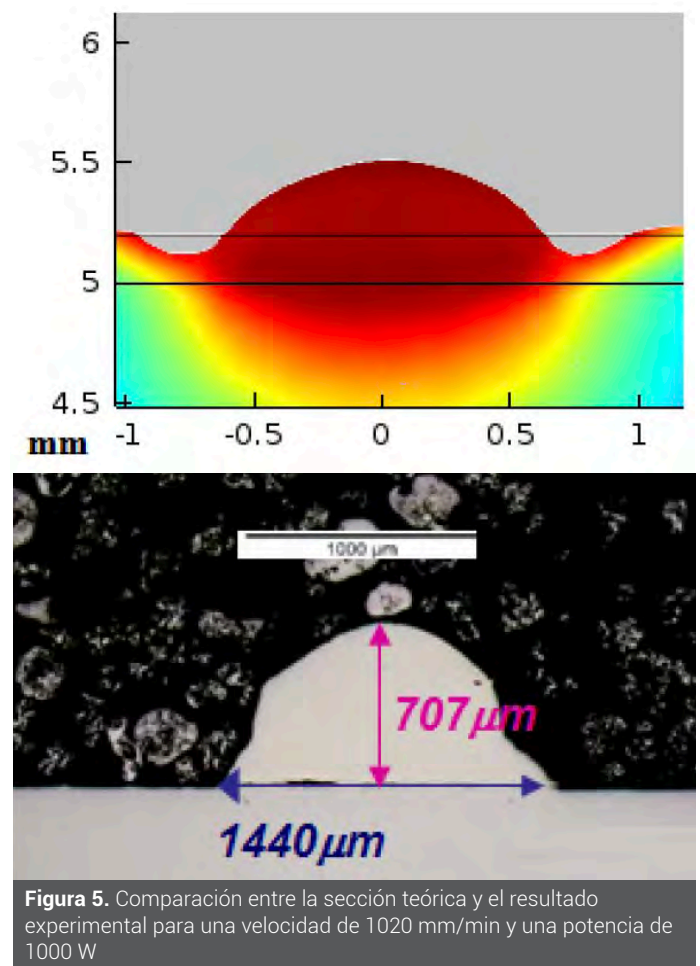


Figura 5. Comparación entre la sección teórica y el resultado experimental para una velocidad de 1020 mm/min y una potencia de 1000 W

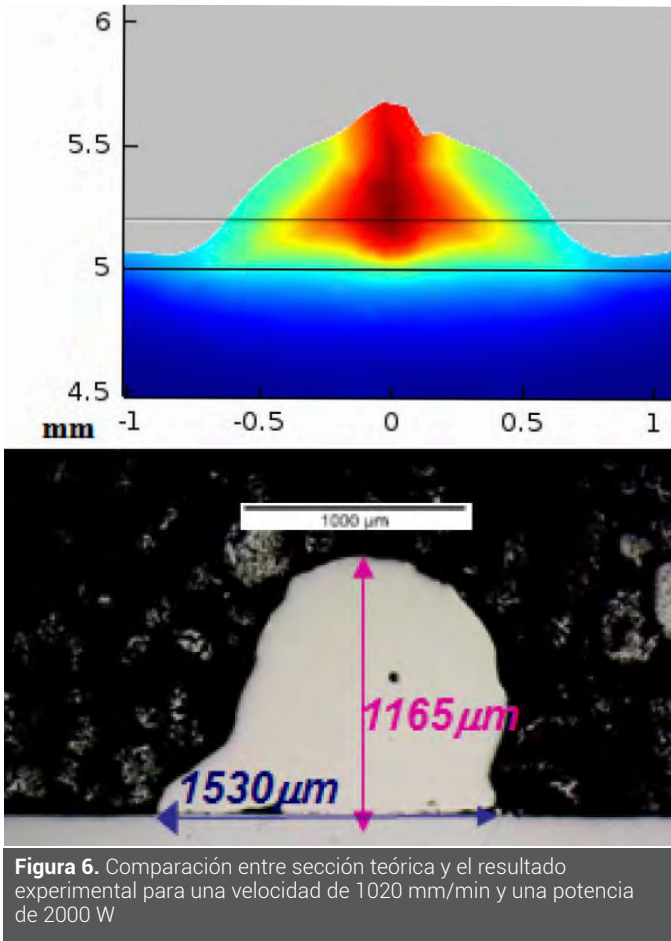


Figura 6. Comparación entre sección teórica y el resultado experimental para una velocidad de 1020 mm/min y una potencia de 2000 W

La Fig. 6 compara la predicción teórica y el resultado experimental para un proceso realizado con una velocidad de 1020 mm/min y una potencia de 2000W.

Como en el caso de la comparación anterior, la dimensión predicha de la sección transversal tiende a subestimar ligeramente el resultado experimental. Sin embargo, se ha capturado el aumento en el área consolidada, en comparación con la Fig. 5, como consecuencia de la mayor potencia.

La obtención de dimensiones más cortas en los resultados predichos que en los experimentos, junto con una aproximación apropiada entre las formas teóricas y experimentales, está asociada a las propiedades fluidicas que determinan el flujo de masa al baño de fusión. Estos valores se deben ajustar de acuerdo con la temperatura para obtener mejores resultados.

5. CONCLUSIONES

1. El enfoque termo-fluídico se ha presentado como adecuado para el modelado del proceso de fusión selectiva del láser, donde el cambio de fase y la dinámica del baño de fusión son las fuerzas impulsoras que determinan la forma y el tamaño del material consolidado.

2. La tensión superficial y la viscosidad dinámica se han ajustado, bajo la bases de las hipótesis teóricas, para representar las condiciones particulares del cambio de fase asociado con el estado inicial del material en forma de polvo.
3. El método Arbitrary Lagrangean-Eulerian junto con la redistribución del dominio, sobre la base de la distorsión de los elementos, ha introducido la capacidad de abordar grandes desplazamientos asociados con la formación de gotas durante el cambio de fase.
4. Las condiciones para obtener estabilidad inicial y una convergencia exitosa de los cálculos numéricos se han definido a través de la relación adecuada entre los límites fijos y la región en la que se produce el cambio de fase, y, mediante la determinación de la distorsión máxima admisible como criterio para crear una nueva malla.
5. La comparación entre los resultados teóricos y experimentales resalta la necesidad de continuar la mejora en el modelado de las propiedades más críticas en el comportamiento dinámico del baño de fusión.

6. AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación y desarrollo que es la base del presente estudio se ha desarrollado en el marco del proyecto CIEN-FRACTAL financiado por el CDTI (Proyecto España CIEN MQM-2010290).

6. REFERENCIAS

- [1] Kruth, J. P., Levy, G., Klocke, F., Childs, T. H. C., 2007. Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*,56(2), p. 730.
- [2] Khairallah, S. A., Anderson, A., 2014. Mesoscopic simulation model of selective laser melting of stainless steel powder. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(11), p. 2627.
- [3] Benson, D. J., 1989. An efficient, accurate, simple ALE method for nonlinear finite element programs. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 72(3), p. 305.
- [4] Su, Y., Mills, K. C., &Dinsdale, A., 2005. A model to calculate surface tension of commercial alloys. *Journal of Materials Science*, 40(9), p. 2185.
- [5] Bruyere, V., Touvrey, C.,Namy, P., 2013. Comparison between Phase Field and ALE Methods to model the Keyhole Digging during Spot Laser Welding. In *Proceedings of the 2013 COMSOL Conference*, Rotterdam.
- [6] Michaleris, P., 2014. Modeling metal deposition in heat transfer analyses of additive manufacturing processes, *Finite Elements in Analysis and Design* 86, p. 51.

MATERIAL DE APORTE Ag-Cu-Ti MODIFICADO CON FIBRAS Y PARTÍCULAS DE CARBONO PARA LA REDUCCIÓN DE TENSIONES RESIDUALES EN LAS UNIONES BRASEADAS DE CF/SiC Y Ti-6Al-4V

X. Hernández, X. Azpiroz, C. Jiménez, A. García-Romero

ATECNALIA RESEARCH & INNOVATION, BEHU, DEPARTAMENTO INGENIERIA MINERA, METALURGIA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES

1. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años se ha incrementado el empleo de materiales cerámicos para aplicaciones estructurales debido fundamentalmente a sus excelentes propiedades a elevadas temperaturas. Uno de los principales motivos que frenaban este avance estaba relacionado con la fragilidad de las cerámicas. Con el fin de superar la fragilidad intrínseca y la falta de fiabilidad de la cerámica al tiempo que se conservan sus propiedades más favorables se han desarrollado los materiales compuestos de matriz cerámica (CMC). Los materiales compuestos de matriz cerámica están constituidos por un material de refuerzo dentro de una matriz cerámica actuando ambos juntos para proporcionar propiedades mejoradas imposibles de conseguir por cualquiera de los materiales de forma individual. Estos materiales poseen propiedades tales como una gran ligereza, alta dureza, resistencia al desgaste y estabilidad en atmósfera oxidante a elevadas temperaturas. Por ello, son potencialmente utilizables en aplicaciones donde se requiere una combinación de características mecánicas con una buena resistencia a elevada temperatura. Dentro de las posibles aplicaciones de estos materiales se pueden destacar estructuras térmicas de naves hipersónicas, cámaras de propulsión para cohetes, accesorios para blisks de turbo-bombas y frenos de disco [1, 2, 3].

El carburo de silicio reforzado con fibras de carbono (Cf/SiC) es un material CMC que combina fases cerámicas

de refuerzo dentro de una matriz cerámica. Los composites Cf/SiC presentan mayor resistencia a la fractura que la cerámica de SiC monolítica manteniendo las ventajas competitivas del SiC como la baja densidad, resistencia a la oxidación y una excelente resistencia a altas temperaturas, por lo que son excelentes candidatos para las aplicaciones de la industria aeroespacial.

Aunque los procesos de fabricación de materiales CMC han alcanzado un alto nivel de control, su empleo está aún limitado por las dificultades existentes en el desarrollo de algunas estructuras complejas. Es por ello que los avances en procesos de unión adecuados permitirían un mayor desarrollo de la aplicación de estos materiales. La unión de materiales disimilares es un proceso clave en la fabricación de muchos productos y se ha convertido en un campo muy importante y esencial de investigación y desarrollo. La unión de materiales CMC con metales que nos permitan garantizar la integridad durante el servicio es de suma importancia para aplicaciones de alta temperatura en los sistemas aeroespaciales y energéticos. Una correcta unión del CMC a un material metálico, especialmente para aleaciones de titanio, es esencial para la plena explotación de las propiedades del compuesto y el ahorro de peso en la estructura total.

Entre las diferentes tecnologías de unión los procesos de soldeo fuerte, soldeo por difusión y procesos de unión

mediante adhesivos presentan un papel importante en la unión de estos materiales compuestos. El empleo de aportes activos en el soldeo fuerte ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones industriales debido a su simplicidad, buena repetitividad y perfecta adaptabilidad de tamaño de la junta y la forma [4,5,6].

El estudio bibliográfico realizado nos ha permitido conocer el empleo de diferentes metales de aporte activos y procesos para la unión de los materiales compuestos Cf/SiC con metales: entre ellos las aleaciones de aportación Cu-Ti, Cu-Ti-C y Ag-Cu-Ti han sido los materiales más empleados para el soldeo fuerte Cf/SiC a aleaciones de Ti. Existen diferentes formas en las que se puede presentar el aporte, como en lámina, pasta o polvo... La utilización de aleaciones de soldadura fuerte en forma de polvo permite modificar los materiales de aportación mediante la adición de diferentes elementos que doten de propiedades adicionales a la unión, como por ejemplo añadir W al aporte en polvo Ag-Cu-Ti para unir Cf/SiC a una aleación de Ti [7].

El proceso de soldeo fuerte se ha convertido en una solución adecuada para la unión de materiales cerámicos a metálicos. El principal problema suele venir dado por la diferencia de CTE entre ambos materiales, teniendo especial relevancia cuando la estructura final debe estar expuesta a severas y repetitivas tensiones térmicas [8].

Las uniones Cf/SiC -metal tienen una fuerte tendencia a la formación de agrietamientos o incluso a la fractura durante el enfriamiento desde la temperatura de soldeo debido fundamentalmente a las grandes tensiones térmicas causadas por la diferencia de CTE entre los dos materiales heterogéneos [9].

Son muy pocas las investigaciones que se han realizado en el ámbito de la disminución del CTE del material de aportación, siendo este punto un aspecto fundamental para la aplicación industrial de estos materiales.

En este trabajo, se ha realizado un estudio del efecto de la adición de cargas como posible método para poder reducir las tensiones térmicas en la intercara de unión.

Dentro de las cargas empleadas se han analizado tanto el efecto de las concentraciones de las mismas como el tipo de cargas: Fibras cortas de C o polvo de C para la unión de Cf/SiC con la aleación Ti-6Al-4V.

2. TÉCNICA EXPERIMENTAL

2.1. Materiales

Los compuestos cerámicos Cf/SiC (SICARBON™) fueron suministrados por EADS Innovation Works [10]. Se componen de fibras de carbono embebidas en una matriz de carburo de silicio. El modo de producción de este material se basa en el proceso Polymer Infiltration Pirolisis (PIP). La infiltración de las fibras de carbono con una mezcla viscosa de polvo y de polímero pre-cerámico se realiza por infiltración de polímero líquido (LPI) a través del proceso Filament Winding. El espesor del material Cf/SiC recepcionado es de 2,2 mm y está compuesto por 11 capas sucesivas de fibras de carbono posicionadas a 0° y 90° cada una con un espesor medio de 0,2mm. Para la realización de las uniones las placas de C/SiC fueron cortadas en piezas de 20x10x3 mm. La aleación de Ti-6Al-4V, Grado 5, fue seleccionada por su amplia aplicación en el sector aeroespacial. Las dimensiones de las probetas a unir fueron 10x40x4 mm.

El material de aporte empleado para las uniones fue la aleación de soldadura fuerte comercial TiCuSil®, suministrada por MTC Wesgo, en forma de polvo de tamaño 325 mesh.

En cuanto a las cargas utilizadas como refuerzo, se emplearon fibras cortas de carbono T800-6K con una longitud de 150 µm y diámetro de 8 µm, y a su vez el polvo de carbono producido mediante molienda con las mismas fibras, con un tamaño medio de grano de 30 µm, es decir, en términos comparativos, la relación de áreas entre los dos formatos es de 2:3.



Figura 1. a) Imagen del C en polvo. b) Imagen del C en fibras cortas

2.2. Proceso de Unión

2.2.1. Estudio mojabilidad

Previo a la realización de las pruebas de unión sobre probetas, se llevó a cabo un estudio de mojabilidad. Para el estudio de mojabilidad se emplearon % de fibras y partículas de C del 15%, 30% y 40%. La incorporación de las cargas en el aporte se realizó con la ayuda de una túbula de dos ejes y bolas de alúmina para conseguir una óptima homogenización de la mezcla. Se realizaron diferentes pruebas sobre

parámetros de mezclado hasta conseguir una dispersión homogénea. Así se seleccionó una duración de mezclado de dos horas.

Una vez obtenidas las distintas dispersiones, éstas se dispusieron sobre el CMC el cual previamente fue desengrasado en US con acetona.

Para evaluar la mojabilidad del material de aportación se introdujeron las probetas en un horno de vacío "IPSEN VFCK - 124 (HV) 6 bar". La temperatura de soldeo fue de 917°C y el tiempo de mantenimiento de 15 minutos con un vacío de 10⁻³ Pa. Para minimizar las tensiones térmicas en los materiales durante la etapa de enfriamiento se emplearon velocidades lentas con paradas intermedias de homogeneización de temperatura.

2.2.2. Unión de Cf/SiC con aleación de titanio con aporte modificado

Partiendo de los resultados de la anterior fase, la unión por soldeo fuerte de las probetas CMC-metal se llevó a cabo con los porcentajes 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de carbono. Así mismo se realizaron probetas con el aporte sin modificar como patrón de referencia de las uniones. Las piezas de titanio y Cf/SiC fueron lijadas y limpiadas con acetona por ultrasonidos. El ciclo térmico utilizado fue idéntico al de las pruebas de mojabilidad.

Para cada una de las condiciones analizadas se realizaron 3 probetas con objeto de conocer la dispersión de resultados.

Nombre	Tipo de refuerzo de C en aporte	% Carga
TiCuSil	No	0
FC-5	Fibras cortas	5%
FC-10	Fibras cortas	10%
FC-15	Fibras cortas	15%
FC-20	Fibras cortas	20%
FC-25	Fibras cortas	25%
FC-30	Fibras cortas	30%
P-5	Polvo	5%
P-10	Polvo	10%
P-15	Polvo	15%
P-20	Polvo	20%
P-25	Polvo	25%
P-30	Polvo	30%

Tabla 1. Tabla de la composición del aporte para probetas de uniones soldadas.

2.3 Caracterización microestructura

Previo a la preparación de las muestras para su estudio microestructural, todas las probetas fueron inspeccionadas de forma visual. El objetivo de esta inspección fue conocer la presencia de agrietamientos en el CMC.

Una vez realizada la IV las muestras fueron cortadas y embutidas en resina para su posterior pulido.

Posteriormente se realizó un estudio y la microestructura fue caracterizada utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM).

2.4 Ensayos Mecánicos

Para la caracterización de las muestras se realizaron ensayos a cortadura. En la figura 2 se recoge el esquema del ensayo realizado. En todos los casos el área de unión fue de 15x10 mm².

La resistencia de las uniones se evaluó mediante carga a compresión para medir los esfuerzos a cortadura de la probeta. En cuanto al posicionamiento, las fibras de carbono de la primera capa del CMC adyacente al aporte se dispusieron paralelamente a la dirección de la carga en el ensayo a cortadura. Los ensayos se realizaron en una máquina de ensayo universal INSTRON, la fuerza se aplicó a una velocidad de 0,5 mm/s. La resistencia a cortadura se determinó como la relación de la carga máxima a rotura medida y la superficie del área de unión. Los valores obtenidos para cada unión es un promedio de tres probetas ensayadas.



Figura 2. a) Configuración del ensayo a cortadura y b) probetas previo al ensayo

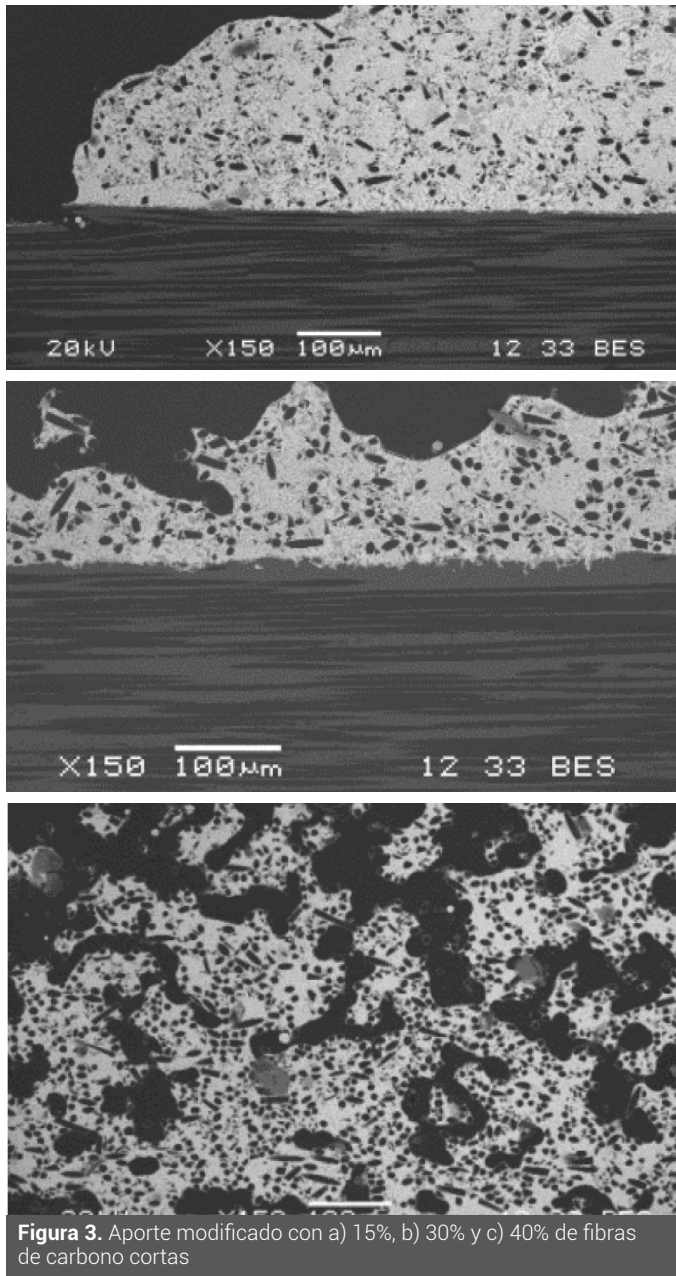
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis metalográfico

3.1.1 Mojabilidad del aporte modificado

En esta sección se presenta el análisis metalográfico de los diferentes aportes modificados a partir del material base

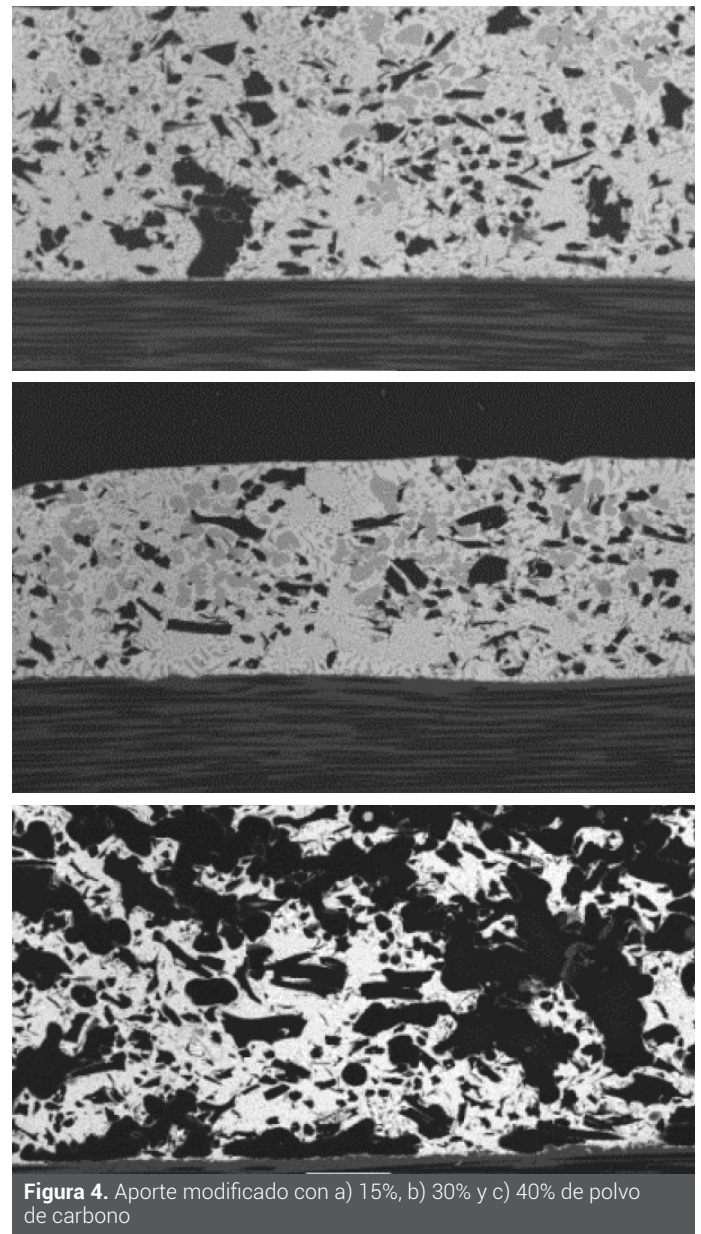
(TiCuSi) y los refuerzos de carbono. En la fig. 3 y fig. 4 se pueden observar las distintas secciones de probetas con distintos porcentajes de C. Tal y como se puede observar en las micrografías la dispersión de las cargas es homogénea en todas ellas, y se aprecia que la unión presenta un valor, el de un 40%, en el que se encuentran abundantes defectos, tanto para polvo como para las fibras cortas.



Se puede observar en la micrografía correspondiente a un 15% de refuerzo de C (fig 3.a), la presencia de un agrietamiento en el CMC, éste agrietamiento que discurre de forma paralela a la intercara de unión ya se pudo observar durante la inspección visual de la muestra. Así mismo se observa que conforme aumentan los % de refuerzo este agrietamiento desaparece. Hay que señalar también que cuando

el % de refuerzo fue de un 40% la unión entre el aporte y el CMC fue prácticamente nulo.

Por otra parte, en el caso de los refuerzos de C en forma de polvo, se observa un comportamiento similar, con una apreciación adicional, se observa en este caso, el agrupamiento de los diferentes granos en clústeres al aumentar el porcentaje de C disminuyendo el área potencialmente reactiva con el aporte.



A la vista de los resultados obtenidos se limitó el posterior estudio de las uniones del Cf/SiC y la aleación de titanio hasta un 30% de refuerzo de C para los dos diferentes tipos de refuerzo analizados.

Hay que tener en cuenta que en estas pruebas preliminares

el aporte no se encontraba limitado por ambos lados, lo que propició que cierta cantidad de C, tanto en fibras como en polvo, al fundirse el aporte, se desplazara a la superficie, tal y como se observa en la figura 5. Esto tiene como consecuencia que la concentración de refuerzo existente en el interior del aporte en estas pruebas de mojabilidad sea menor que el % real preparado. Esta situación difiere de las pruebas de unión realizadas lo que hace que a menores porcentajes de C comiencen los defectos en el aporte.

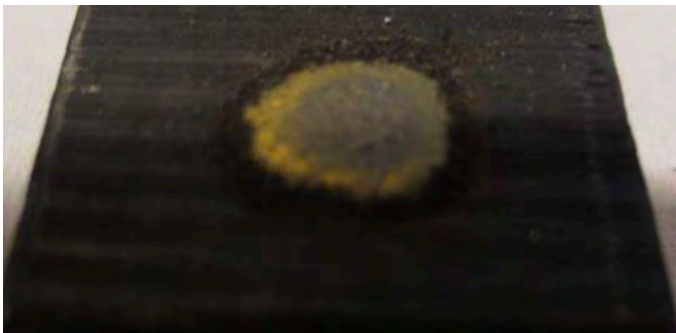


Figura 5. Después de braseado, partículas de C que quedan en la superficie del aporte para un 30% de C. b) Superficie de la mezcla de 15% de polvo después de braseado

3.1.2 Análisis metalográfico de las uniones

En esta sección se presenta el análisis metalográfico de las uniones. La Fig.6 presenta una sección de la unión de CMC y aleación de Ti con 10% de fibras cortas de C. En esta figura se observa que el mojado del metal de aportación tanto en el material cerámico como en el metálico es bueno y las intercaras son sólidas, con muy buen contacto físico (Fig. 6).

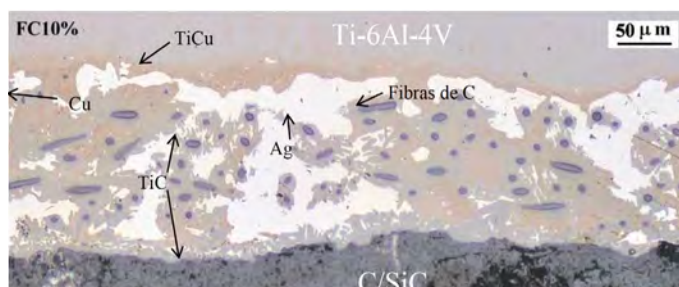


Figura 6. Sección de la unión de CMC y aleación de Ti con 10% de fibras cortas de C.

En la sección analizada se aprecian los dos materiales base (el CMC y el Ti) unidos por una interfase del aporte en la que se pueden diferenciar distintas zonas. La zona intermedia está compuesta por fases ricas en Ag (clara), Cu (marrón) y TiC (en gris, principalmente rodeando a las fibras de carbono). Se puede observar que el cobre, proveniente del material de aportación, también difunde hacia la zona reactiva cercana a la aleación de Ti formando el compuesto TiCu y el titanio también difunde hacia la zona del Cf/SiC formando tanto TiC como SiTi. La singularidad de esta sección con respecto a una unión con el aporte sin modificar viene definida por la aparición de las fibras de carbono, que como vemos reaccionan con el titanio produciendo alrededor de estos elementos una capa de TiC, razón a su vez de la debilitación de la unión cuando las cantidades de C son muy elevadas ya que el C acapara el titanio para reaccionar con él no quedando titanio libre para poder reaccionar con el CMC.

Esta microestructura varía conforme aumentan las cantidades del refuerzo del aporte, ya que, como se evidencia en los resultados obtenidos, la unión de las probetas es adecuada con una cantidad de C en el aporte de hasta un 15%. Sin embargo en uniones con mayor concentración de fibras y polvo, es complicado no obtener uniones con múltiples defectos, y con amplias zonas sin unir.

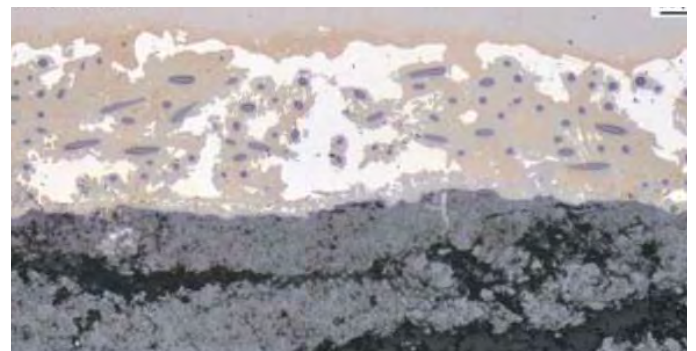


Figura 7 a. Uniones con el aporte modificado con 10%, % de fibras de carbono cortas.

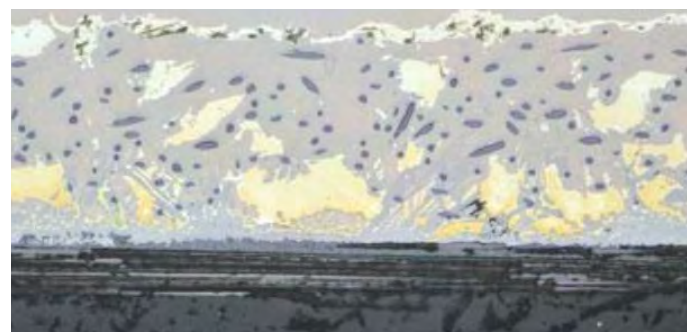


Figura 7 b. Uniones con el aporte modificado con 15%, % de fibras de carbono cortas.

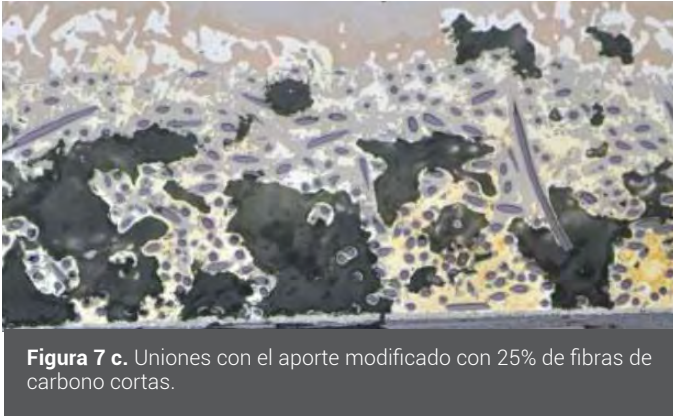


Figura 7 c. Uniones con el aporte modificado con 25% de fibras de carbono cortas.

Se ha podido observar diferencias de comportamiento entre los porcentajes de 10% y 15% de C, en las muestras soldadas con el aporte modificado con fibras de C. Conforme aumentamos el % de carbono las grietas se hacen menos visibles, esto hace pensar en la posibilidad de una disminución del CTE del aporte.

En cuanto a las probetas con refuerzo de carbono en polvo, la evolución dada es muy parecida. Se ha observado una disminución de grietas conforme aumenta la cantidad de C, hecho que se evidencia en las micrografías con 10% y 15% de C. (fig. 8a y 8b). En estas micrografías se puede observar la presencia de grietas a lo largo del material base en el CMC (fig. 8a) correspondiente a porcentajes de refuerzo del 10%; conforme aumentamos el % de refuerzo (fig. 8b y 8c) las grietas comienzan a desaparecer.

La muestra correspondiente al 30% de refuerzo, presenta un elevado % de defectos, sobre todo en la unión con el Cf/SiC. Estos defectos podrían estar justificados debido a que existe una menor cantidad de Ti para actuar como metal activo y reaccionar con el Cf/SiC. La presencia de clústeres de carbono aumenta, conforme mayor es la concentración de C.

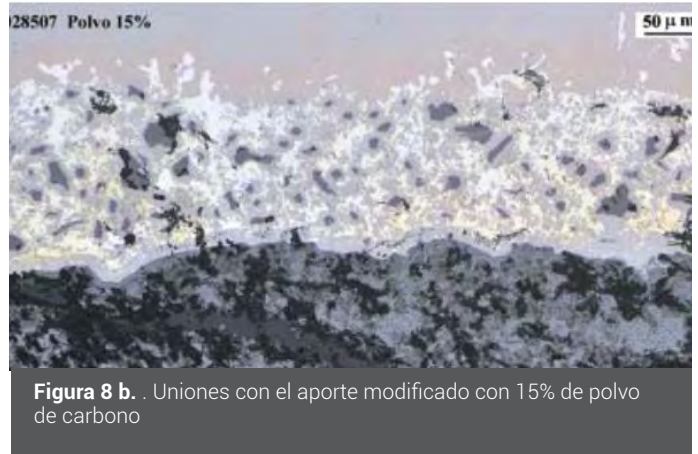


Figura 8 b. Uniones con el aporte modificado con 15% de polvo de carbono

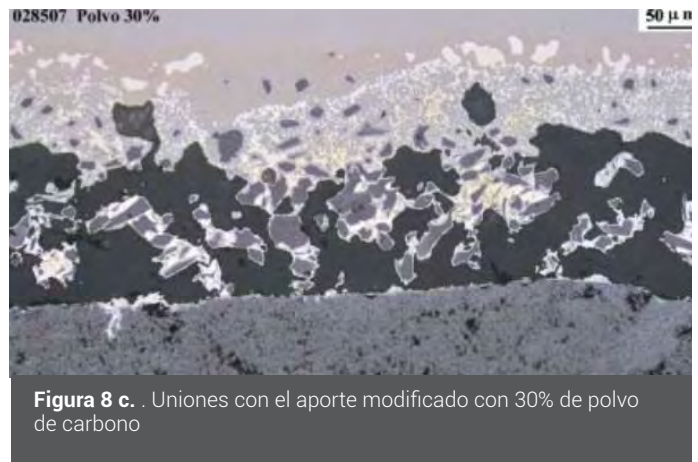


Figura 8 c. Uniones con el aporte modificado con 30% de polvo de carbono

Como consecuencia se encuentran diferencias entre la utilización de los dos tipos de refuerzo de C. En el caso de las fibras de C, conforme aumenta la concentración de fibras la reacción con el Ti activo proveniente del aporte es mayor, no quedando suficiente titanio, necesario para la reacción con el Cf/SiC para formar una unión.

En el caso del polvo, debido a la formación de clústeres, el área reactiva con el titanio disminuye pudiendo por tanto admitir mayor porcentaje de refuerzo que en el caso de las fibras.

Sin embargo la mencionada generación de clústeres también produce más defectos y un reparto menos homogéneo de las cargas.

3.2. Caracterización mecánica

Inicialmente, se evaluó la resistencia de probetas que habían sido unidas bajo las mismas condiciones de proceso pero con el aporte base sin modificar. Se obtuvieron valores de 1 MPa, que servirán como referencia para evaluar y valorar la mejora que aporta la modificación del material de aportación.



Figura 8 a. Uniones con el aporte modificado con 10% de polvo de carbono

Los ensayos mecánicos con aporte no reforzado mostraron que la fractura sucede siempre por delaminación del CMC cerca del braseado, es decir, la fractura tiene lugar entre la primera y la segunda capa del CMC adyacente a la junta de braseado (Fig. 9a).

Los ensayos mecánicos de muestras con aporte reforzado mostraron una fractura diferente según el % de carbono que contenía la mezcla. Las uniones con menor cantidad de C se asemejan a las hechas con el aporte base, mientras que conforme aumenta la cantidad de C, tanto en el caso de las fibras como en el del polvo, la rotura comienza a producirse también por el metal de aporte reforzado, a consecuencia del debilitamiento de esta interfase por los numerosos defectos encontrados en ellas y por la falta de reacción con el Cf/SiC.



Figura 8. Uniones ensayadas a) con el aporte sin modificar b) 15% de fibras de C y c) 30% fibras de C.

Aunque existe la dispersión en los resultados, parece clara la tendencia de un aumento en la resistencia a cortadura de la unión hasta cierto valor. Podría pensarse que esta tendencia está asociada a una relajación tensional por la disminución de la diferencia de CTE entre materiales. A grandes concentraciones de cargas se produce una disminución en la unión con el CMC dando como consecuencia un empeoramiento de las condiciones de la intercara de unión.

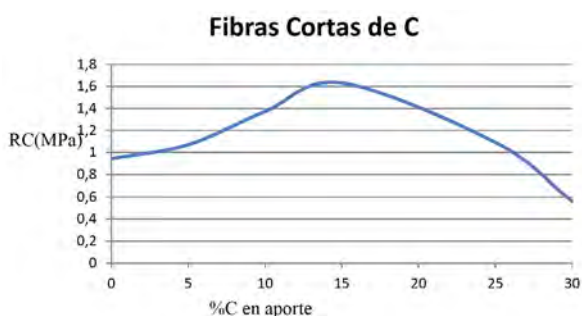


Figura 10. Curvas de resistencia a cortadura de uniones CMC/aleación de Ti según porcentaje de C en aporte en fibras.

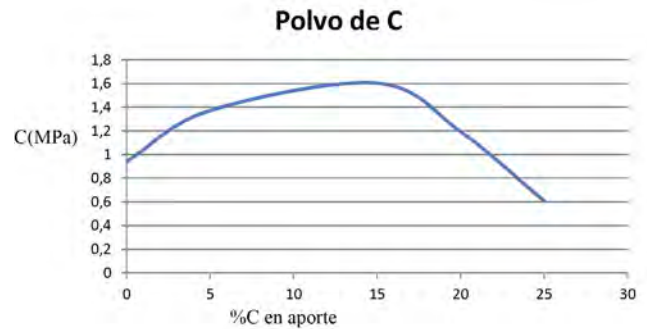


Figura 10. Curvas de resistencia a cortadura de uniones CMC/aleación de Ti según porcentaje de C en aporte en polvo.

Los valores medios de resistencia a cortadura de las uniones utilizando aporte sin modificar y modificado, se representa en la Figura 10. Se observa que la adición mejora la resistencia a cortadura por un factor de alrededor de 1,6 hasta un valor determinado.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Las uniones por soldeo fuerte entre la aleación Ti6Al4V y el material CMC (Cf/SiC) se pueden realizar mediante el empleo de TiCuSil como material de aporte activo.
- El sistema de mezclado de las cargas de carbono con el aporte en forma de polvo ha permitido validar el sistema de dispersión empleado. Este ha sido homogéneo con las fibras y con el polvo, exceptuando la presencia de algunos clústeres en este último caso.
- El análisis de mojabilidad realizado ha permitido ver que el límite de percolación por la incorporación de fibras o polvo de carbono al metal de aportación es de un 30%.
- Valores de cargas superiores al 15% disminuyen la resistencia a cortadura de la unión de forma importante.
- En formato polvo, se crean defectos más rápidamente que perjudican la unión. Sin embargo, la generación de clústeres y la consiguiente disminución de área potencialmente reactiva con el Ti benefician una mejor unión.
- La resistencia mecánica de las uniones aumenta en un factor de 1,6 con la adición tanto de fibras de carbono (este ligeramente superior), como de polvo de carbono.
- El efecto del posicionamiento de la primera capa de fibras del CMC de forma paralela a la dirección del esfuerzo en las piezas unidas, tiene un efecto impor-

tante e incremental en la resistencia a cortadura.

- h) El análisis efectuado sobre las superficies de fractura de las muestras ensayadas, permite prever la disminución de CTE del material de aportación con la adición de las cargas.

En siguientes estudios se analizará el comportamiento de

estas uniones incluyendo como variables los parámetros del proceso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda suministrada por Christian Wilhelmi de EADS Innovation Works para la consecución de este estudio.

REFERENCIAS

- [1] S. Schmidt, S. Beyer, H. Immich, H. Knabe, R. Meistring, and A. Gessler, Ceramic Matrix Composites: A Challenge in Space-Propulsion Technology Applications, *Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 2(2), 2005, p 85-96
- [2] F. Lamouroux, S. Bertrand, R. Pailler, R. Naslain, and M. Cataldi, Oxidation-resistant carbon-fiber-reinforced ceramic-matrix composites, *Compos. Sci. Technol.*, 59(2), 1999, p 1073-1085
- [3] R. Naslain, Design, preparation and properties of non-oxide CMCs for application in engines and nuclear reactors: an overview, *Compos. Sci. Technol.*, 64(2), 2004, p 155-170
- [4] Singh, M. & Asthana, R. (2010). Joining and Integration of Advanced Carbon-Carbon and Carbon-Silicon Carbide Composites to Metallic Systems, In: *Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications*, D. Jiang, Y. Zeng, M. Singh and J. Heinrich, (Eds.), pp. 493-504, ISBN 9780470408421, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA
- [5] C. Jimenez, K. Mergia, N. Moutis, X.A. Azpiroz, Ch. Wilhelmi, Th. Speliotis, and S. Messoloras "Joining of Cf/SiC ceramics to Nimonic alloys", *Journal of Materials Engineering And Performance*, 21 (2012) 683, [DOI: 10.1007/s11665-012-0183-6]
- [6] N. V. Moutis, C. Jimenez, X. Azpiroz, Th. Speliotis, C. Wilhelmi, S. Messoloras and K. Mergia "Brazing of carbon-carbon composites to Nimonic alloys", *J. Mater. Sci.* 45 (2010) 74-81
- [7] Lin, G. B.; Huang, J. H.; Zhang, H.; Liu, H. Y. (2006). Microstructure and mechanical performance of brazed joints of Cf/SiC composite and Ti alloy using Ag-Cu-Ti-W. *Science and Technology of Welding & Joining*, Vol. 11, No. 4, pp. 379-383
- [8] A. Muraria, * H. (2003). An upgraded brazing technique to manufacture ceramic-metal. *Vacuum* 68, 321-328.
- [9] J.T. Xiong a, b. J. (2008). Direct joining of 2D carbon/carbon composites to Ti-6Al-4V. *Materials Science and Engineering A* 488 , 205-213.
- [10] G. Motz, S. Schmidt and S. Beyer, *The PIP-process: Precursor Properties and Applications*, Ceramic Matrix Composites, W. Krenkel Ed., May 2008, Germany, Wiley-VCH, 2008, p 165-186

SAF

Sistemas Avanzados de Formación
C/ Condado de Treviño, 2 - Local F31
28033 Madrid
Correo electrónico: saf@cesol.es

Si desea suscribirse a nuestra revista, rellene sus datos y háganos llegar el cupón que se encuentra en la **página 47** de esta revista, por correo, fax o correo electrónico a:

Tfno.: 91 475 83 07 - Fax: 91 500 53 77
Correo electrónico: saf@cesol.es

LINC-CUT® S 1530W

EQUIPO DE CORTE POR
PLASMA "LLAVE EN MANO"



PRODUCTIVIDAD Y CREATIVIDAD

- Interfaz intuitivo
- Paquete de Software incluido

FLEXIBILIDAD

- Formato de chapa
1500 x 3000 mm
- Capacidad de corte de
0,8 a 25 mm

SERVICIO

- 2 Años de garantía
- Servicio local

SEGURIDAD

- Certificación según
normativa EN ISO17916
- Ergonomía adaptada

OPTIMISATION AND WELDING PRE-QUALIFICATION OF HEAVY PLATE FOR OFFSHORE APPLICATIONS

C.H.J. Gerritsen¹, X. Veys¹, M. Liebeherr¹, J.M. Vigil²
¹ARCELORMITTAL GLOBAL R&D GENT/OCAS N.V. (BELGIUM)
²ARCELORMITTAL GIJÓN (ESPAÑA)

ABSTRACT

For offshore structural applications such as oil & gas platforms, steel plates that have passed a welding pre-qualification (such as specified by API RP2Z, EN 10225 and NORSOK M-120) are generally required. Aim of such pre-qualifications is not to qualify a particular welding procedure for these plates, but rather to demonstrate their suitability for a wide range of assembly welding conditions by proving their tolerance to welding with both very fast and very slow cooling rates (corresponding to very low and very high linear heat input levels and pre-heat and interpass temperatures during welding, respectively). The testing therefore concentrates on the base material's response to welding by investigating the properties of the heat-affected zone (HAZ) rather than those of the weld metal and it is much more stringent than for example welding procedure testing and qualification according to ISO 15614. The most demanding test in this respect is evaluation of the low temperature fracture toughness of specific regions of the HAZ (specifically the grain coarsened zone next to the fusion line and the intercritical/subcritical region at the boundary of the visible HAZ) via crack tip opening displacement (CTOD) testing.

In this paper, the background and essentials of the main offshore pre-qualification procedures (and the main differences between these standards/procedures) are highlighted. In addition, metallurgical means available to the steelmaker for improving the performance of heavy plates for these applications are discussed, obviously covering the chemical composition, but also the rolling parameters for thermomechanically controlled processed (TMCP) steel grades. A pre-qualification campaign to API RP2Z of 50 mm thick TMCP steel plate (Grade 50 according to API 2W and S355G10+M according to EN 10225) is then used as an example to illustrate the extensive requirements of the pre-qualification procedures focusing on the welding conditions specified, the requirements on the welds made, the extent of testing required as well as the specific cracking tests to be performed. In addition, some influences of different approaches

for example for sample preparation and pre-cracking of CTOD test samples on the validity of the tests are discussed.

1. INTRODUCTION

For offshore constructions such as oil & gas platforms, steel plates and sections are used that have been pre-qualified for welding. It is important to note that such a welding pre-qualification is not a welding procedure qualification as for example described in ISO 15614 [1] - and hence it is also called a pre-qualification; rather, the aim of such a pre-qualification is to show that the steel of interest is suitable for fabrication of assemblies and structures via welding. Pre-qualification mainly consists of testing of samples that have been welded with prescribed levels of linear heat input and pre-heat and interpass temperatures, as well as some additional testing. The fracture toughness Crack Tip Opening Displacement (CTOD) test of parts of the heat-affected zone (HAZ) tends to be the most critical test.

2. PRE-QUALIFICATION STANDARDS

Three standards and procedures for welding pre-qualification commonly used in the US and Europe, but also in other parts of the world, are API RP 2Z [2], EN 10225 [3] (Annex E, F and G) and NORSOK M-120 [4], which calls upon EN 10225. Although they have the same aim, they differ on details. This paper focuses on the API RP2Z procedure for pre-qualification of thermomechanically controlled processed Grade 50 steel plate to API 2W [5] (very similar to an S355G10+M steel to EN 10225) of 50 mm in thickness.

SIMILARITIES BETWEEN THE STANDARDS

The approach of the mentioned standards for pre-qualification is the same: to establish the worst-case performance that can be expected to result from the (repetitive) heating and cooling experienced during welding. To achieve this, full-thickness multipass welds are made with a semi-V or a K joint preparation

to create a more or less straight HAZ for CTOD testing. CTOD tests are performed at -10 °C (or lower if so specified by the customer) with the fatigue pre-cracked notch sampling the grain coarsened HAZ (GHAZ) or the intercritical-subcritical HAZ boundary (IC/SCHAZ boundary).

The CTOD samples specified are single-edge notched bend (SENB) specimens with a through-thickness notch. The standard samples have a rectangular cross-section with dimensions Bx2B, with B as close as possible to the thickness of the plate being pre-qualified.

(From 63 mm plate thickness upwards, API states BxB can be used; EN specifies BxB is to be used from 75 mm plate thickness upwards).

In spite of these similarities, there are some significant differences, in particular between on the one hand API and on the other EN and NORSOK (the last draws upon the EN standard but has some additional requirements, for example separate pre-qualifications for different thickness ranges and, unlike EN, specification of a minimum CTOD acceptance value), as is discussed below.

DIFFERENCES BETWEEN THE STANDARDS:

WELDING OF TRIAL PLATES FOR CTOD TESTING

Although the gist of the work is the same for all three standards, the differences in the specified linear heat input levels and the prescribed pre-heat and interpass temperatures make it unfortunately impossible to use one and the same set of welding procedures for standard testing to API and EN/NORSOK, effectively doubling the amount of work required for achieving pre-qualification to all three. (It is of course also possible to perform welding pre-qualification using custom levels for heat input and pre-heating and interpass temperature, but this is generally perceived as commercially less interesting.)

The main conflicts between the standard requirements are (cf. also Table 1):

- Low heat input: different heat inputs are specified, but the process efficiencies used are also different for FCAW/GMAW and so the arc energy levels that can be used are the same. Nonetheless, the pre-heat temperature requirements make it impossible to use one weld for all: for API, the pre-heat should be below 100 °C; for EN and NORSOK, it should be above 125 °C.
- Medium heat input: for a full pre-qualification to API, all three heat input levels are to be tested; for EN and NORSOK, the medium heat input only needs to be tested if the performance for the high heat input weld was unsatisfactory. In addition, the levels of heat input and pre-heat specified differ.
- High heat input: the heat input, pre-heat and interpass temperature all differ.

Heat input level	Standard	Linear heat input [kJ/mm]	Pre-heat temperature [°C]	Interpass temperature [°C]
Low	API	0.8*	≤100	≤100
	EN/NORSOK	0.7*	≥125	≤250
Medium	API	3.0	100	≤250
	EN/NORSOK**	3.5**	≥125	≤250
High	API	4.5	≥250	≥250
	EN/NORSOK	5.0	≥125	≤250

Table 1. Heat input, pre-heat and interpass temperatures to API RP2Z, EN 10225 and NORSOK M-120.

*Standards used different process efficiency factors (k) for FCAW/GMAW; the specified arc energy is the same.

** Only required if 5.0 kJ/mm fails.

Furthermore, EN/NORSOK require testing after post-weld heat treatment (PWHT) from a certain thickness upwards; for API this is optional. In addition to the requirements on the weld, API is more stringent on the CTOD testing validity requirements. For example: the ratio of pre-crack length to the height (2B) of the sample should be between 0.45 and 0.55 for API; for EN/NORSOK, which calls up ISO 12132 [6], it should be between 0.45 and 0.70. More importantly, API specifies the percentage of the fatigue pre-crack front that needs to be in a particular zone of the HAZ; this is explained later when discussing HAZ mapping.

However, for these validity requirements, as well as other differences (e.g. the fact that the weld has to be made along the mid-width of the mother plate for API; or that for the low heat input only flux-cored arc welding (FCAW) is allowed as alternative for SAW for EN/NORSOK whereas API allows several processes), welds can be made that adhere to the more stringent of the requirements, thereby conforming to all.

DIFFERENCES BETWEEN STANDARDS: ADDITIONAL TESTING

In addition to the CTOD tests described, additional testing is specified, both on the trial welds used for CTOD testing, as well as on other test welds.

On the trial welds, API specifies Charpy V-notch (CVN) impact testing on samples notched at the GHAZ and at the IC/SCHAZ boundary respectively, and this on samples taken near the root of the weld and at ¼ of the plate thickness, both for each heat input. No acceptance criterion is specified; transition curves are requested.

For EN/NORSOK, macro-hardness testing is to be performed, as well as cross-weld tensile testing and CVN testing with the notch positioned at the fusion line (FL), FL-2 (i.e. in the weld metal), FL+2 and FL+5 and this from the near the weld cap, the plate mid-thickness and the root of the weld and for both heat inputs.

All tests, as well as their acceptance criteria, are listed in Table 2.

Stand ard	HI [kJ/m m]	No. of CTOD tests (value in mm in brackets)			CVN testing API: no acceptance level EN/NOR: ≥ 36 J average & ≥ 26 J individual @ - 40°C	Cross- weld tensile EN/NO R UTS \geq S MTS	Macro EN/NOR (max. HV10 value in brackets)
		GCHAZ	IC/SCHAZ bounda ry	weld metal			
API RP 2Z	0.8	6 (≥ 0.25)	2 (≥ 0.25)	*	transition curves with notch in GCHAZ & IC/SCHAZ boundary @ 1/4t & root	-	-
	3.0 & 4.5	3 (≥ 0.25)	2 (≥ 0.25)	*		-	-
EN 10225	0.7 & 3.5/5. 0	3	3	3*	3 @ FL-2, FL, FL+2 & FL+5 from cap, mid-t & root	2	2 (≤ 350) 2 (≤ 325)
NORS OK M-120	0.7 & 3.5/5. 0	3 (≥ 0.25) **	3 (≥ 0.25) **	3*	3 @ FL-2, FL, FL+2 & FL+5 from cap, mid-t & root	2	2 (≤ 350) 2 (≤ 325)

Table 2. Testing and acceptance criteria to API RP2Z, EN 10225 and NORSOK M-120.

* *Optional.*

** *Requirement after post-weld heat treatment (PWHT).*

As extra weld tests, API requires Y-groove and controlled thermal severity (CTS) tests to be performed, which are self-restrained cold-cracking tests used to get an indication of the required pre-heat temperature for welds free of hydrogen-induced cold cracking (HICC). EN/NORSOK also require the CTS test and in addition a tungsten inert gas (TIG) bead-on-plate weld with 1 kJ/mm heat input for hardness testing.

3. SOME INFLUENCES ON CTOD PERFORMANCE (VALUES AND VALIDITY)

Steelmaking influence on fracture toughness performance (CTOD value)

Obviously, the steel composition has a very large effect on the final properties. To adhere to both the API and EN/NORSOK, their restrictions are to be taken into account when designing the composition (which means for example no vanadium additions, as per API requirements). The composition is steered by multiple criteria, such as cost and base material properties, but also weldability.

For a certain chemical composition, the steelmaking, casting and processing parameters also play a major role in determining the final plate properties, for example via the following:

- **Slab quality:** A high slab quality is of paramount importance for obtaining high quality plates with satisfactory CTOD performance. This is due to the fact that any impurity or segregation present in the slabs will remain in the final plate, with a detrimental influence on fracture toughness in particular. The Mannesmann level (ML), ranging from 1 (best) to 5 (worst), is used to characterise the centreline segregation of a slab. In general, it is recommended to only use slabs with ML of 2 or better for offshore steel plates, meaning that only small, intermittent segregation can

be allowed. This is achieved for example by maintaining good alignment of the continuous caster rolls and precise control of the solidification process, as well as a clean cast chemistry (low content of impurities such as sulphur and phosphorus).

- **Rolling:** A sufficiently fine-grained bulk microstructure is needed to achieve good CTOD performance as smaller grains not only increase strength, but also toughness. These fine grains can be achieved via optimisation of the rolling schedule. For example, it is well known to be beneficial to increase the rolling reduction ratio below T_{nr} (the temperature under which no recrystallization occurs), as this will yield smaller grain sizes as more strain and more nucleation sites are introduced into the material at lower temperatures. In addition, sufficient deformation per rolling pass is desired to reach a higher through-thickness deformation. This means that the grains at mid-thickness will also be refined sufficiently to avoid poor mid-thickness properties causing bad toughness performance. (In this light it can also be mentioned that EN 10225 for example specifies a total reduction ratio of slab to plate of 4:1 minimum, which can help achieve the required rolling reductions.)

Influence of the pre-qualification welding procedure on the CTOD validity

For CTOD tests, in addition to the minimum acceptance value specified, the validity of the test sample needs to be established. This can only be performed after testing, when the sample – if not fully broken yet during the test – is cooled down in liquid air or nitrogen so as to allow fracturing of the sample with minimal deformation.

This is on the one hand required to take the measurements of the pre-crack size to allow the crack tip opening displacement value to be calculated (from the load-displacement data measured during the test). On the other hand, the validity of the fatigue pre-crack front shape can be verified and the location(s) for crack initiation – if applicable – during the test can be identified.

In the case of HAZ CTODs, it also needs to be verified via so-called HAZ mapping whether the part of interest of the HAZ (generally the GCHAZ or IC/SCHAZ boundary) is sufficiently sampled. For HAZ mapping, a metallographic cross-section is prepared just behind the fatigue pre-crack front to show its location in the HAZ. On this cross-section, part of the weld metal as well as the entire HAZ are best shown so both sides from the broken sample are ideally looked at (example of an actual cross-section in Figure 1). The position of the fatigue pre-crack is then established along the central part (75% in the case of EN/NORSOK; 2/3rds for API) of the plate/sample thickness. The location and orientation where such a cross-section is taken, is schematically shown in Figure 2: perpendicular to the CTOD notch and thus transverse to the weld (as the notch runs in the welding direction).

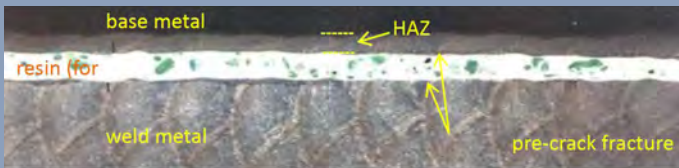


Figure 1. HAZ mapping cross-section showing both sides of the crack (plate thickness direction horizontal).

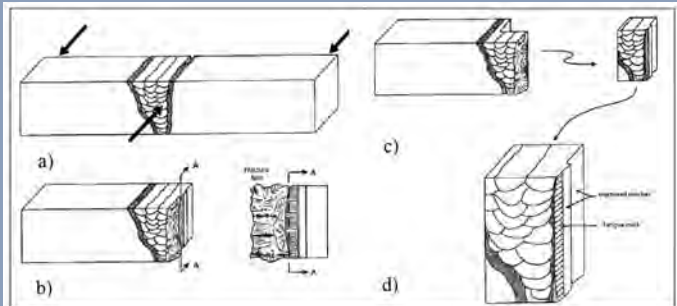


Figure 2. Schematic illustrating location of cross-section to be taken for HAZ mapping for verification of fatigue pre-crack front location validity [1]: a) direction of three-point bending during test; b) two halves of sample after breaking; c) location of sample for HAZ mapping and d) face to be looked at (front face).

For a valid pre-crack front location, it suffices for EN/NORSOK that at least part of the fatigue pre-crack front samples the part of the HAZ of interest within the central 75% of the thickness and – in the case of the GCHAZ – part is within 0.5 mm from the fusion line, although the length of the pre-crack that samples the GCHAZ should be maximised. For the IC/SCHAZ, it suffices for EN/NORSOK that the fatigue pre-crack samples the visible HAZ boundary with some part of the pre-crack front. API on the other hand is much more stringent, in that it specifies the minimum percentage of the pre-crack front that needs to lie within the appropriate region.

For the GCHAZ, 15% of the fatigue pre-crack over the central 2/3rds of the thickness shall be within 0.5 mm (or 0.3 mm for the lowest heat input) of the fusion line and next to unrefined columnar weld metal (i.e. only the GCHAZ, inter-critically reheated GCHAZ (IRGCHAZ) and the sub-critically reheated GCHAZ (SRGCHAZ) of each pass count). For the IC/SCHAZ boundary, 50% over the central 2/3rds should be within 0.5 or 0.3 mm (depending on heat input), of the visible HAZ boundary.

Making sure that sufficient length of these respective zones is available across the thickness in fact calls for very careful bead placement, particularly for the higher heat input welds, since the creation of a maximum amount of unrefined columnar weld metal tends to go hand in hand with diminished fusion line straightness (jeopardising the 0.5 or 0.3 mm proximity criterion).

In addition to the requirements for good fusion line straightness (and the creation of sufficient unrefined columnar weld metal for API), the welded sample also needs to be sufficiently straight (angular distortion $\leq 2^\circ$ and minimal linear misalignment). In the case of the use of a K-prep, the angular distortion can be

minimised by careful balancing of the weld beads from either side; in the case of the more commonly used semi-V-prep, it is generally achieved via rigid clamping.

Influence of the sample preparation on the CTOD test validity

If all care has been taken to create a base metal microstructure and weld zone that meet the requirements, the last influential factor with regard to CTOD test validity is preparation of the samples. This entails machining (e.g. sawing, milling and/or wire electro-discharge machining (EDM)), followed by coarse notching (typically sawing or EDM), possibly fine notching (diamond blade cutting), relief of residual stresses to promote fatigue pre-crack front straightness (typically via local compression) and fatigue pre-cracking.

Different test houses have different preferences in this respect, for example some will prepare sample and notch via EDM, whereas others saw and mill the sample and notch separately; even the combination of EDM notching followed by a fine sharpening of the notch are used. Similarly, some use a chevron notch which gives the fatigue crack a good place to start in the centre of the plate thickness, but calls for a long fatigue pre-crack; others try to keep the fatigue pre-crack as short as possible, so as to not allow it much room to deviate from the straight and flat mechanical or EDM starter notch (both in terms of the crack front and the crack surfaces). Examples of the different approaches can be seen below in Figure 3; in our experience, one does not clearly – consistently – outperform the others.

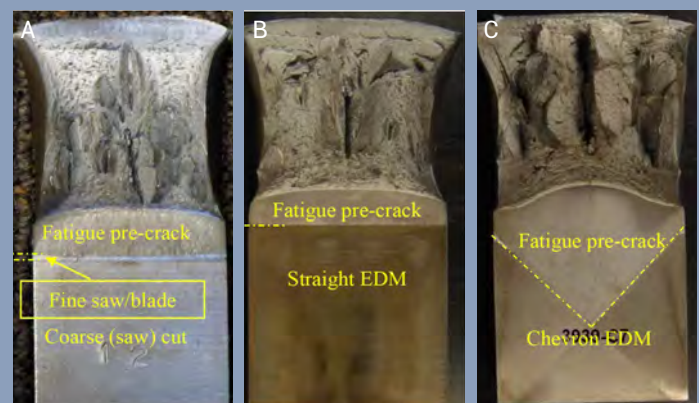


Figure 3. Three different CTOD sample notch preparations in 50 mm thick plate

- A) Coarse and fine saw cut
- B) EDM straight notchin
- C) EDM chevron notching

RECENT OFFSHORE PLATE DEVELOPMENT AND WELDING PRE-QUALIFICATION

Development of offshore plate

For the development of Grade 50/S355G10+M of 50 mm, a low carbon content was chosen which helps to keep a low critical metal parameter for weld cracking (P_{cm}) and carbon

equivalent value (CEV). This promotes weldability and good HAZ toughness. A summary of the main compositional elements is shown in Table 3. Good quality slabs (ML ≤ 2) were then cast and rolling was optimised.

Grade	Chemical composition [wt-%]						CEV	Pem
	C	Mn	Si	Nb	Ti	Fe, Ni, Cu, ...		
API 2W Grade 50/ EN 10225 S355G10+M	<0.09	1.5	0.3	0.025	0.015	Balance	0.34	0.16

Table 3. Main compositional characteristics of the developed plates.

With regard to the microstructure, the influence of the rolling schedule on the grain size is illustrated in Figure 4 by means of a detailed quantification of the grain size as well as the evolution of the grain size from the plate surface to the mid-thickness, made via electron backscattering diffraction (EBSD) measurements at 1/4 thickness and at mid-thickness. The result of these measurements is a distribution of the occurrence of each grain size range for all locations.

In this manner, the grain size distribution at the measurement location can be shown, together with the relative shift in grain size when moving in the through-thickness direction.

Without optimized rolling parameters, a large distribution of different grain sizes can be observed both at 1/4 and mid-thickness (Figure 4, left column). In addition, a large quantity of excessively large grains (>40 μm) is present at mid-thickness especially, which is very detrimental for the fracture toughness. By improving the rolling parameters, the average grain size and the grain size range at both through-thickness positions of the plate was strongly reduced (Figure 4, right column).

Also the very large grains were avoided even at mid-thickness, indicating that a sufficient through-thickness deformation was achieved during rolling. All these improvements are believed to enhance CTOD performance of the steel and its toughness in general.

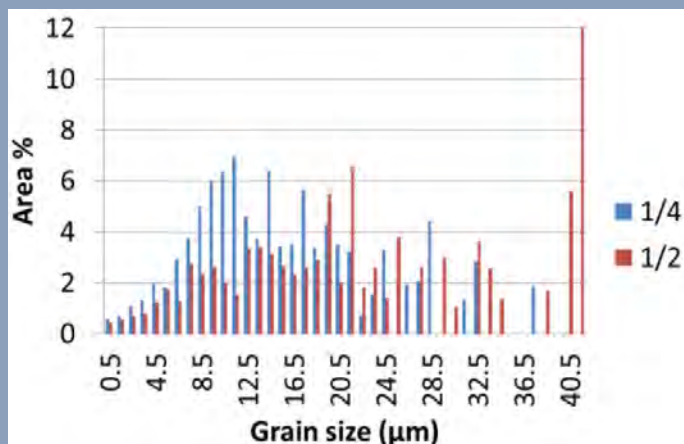


Figure 4 (a) Top row: grain size area fraction at 1/4 (blue) and mid-thickness (red) of plates rolled without improved rolling parameters specifically designed for improved toughness.

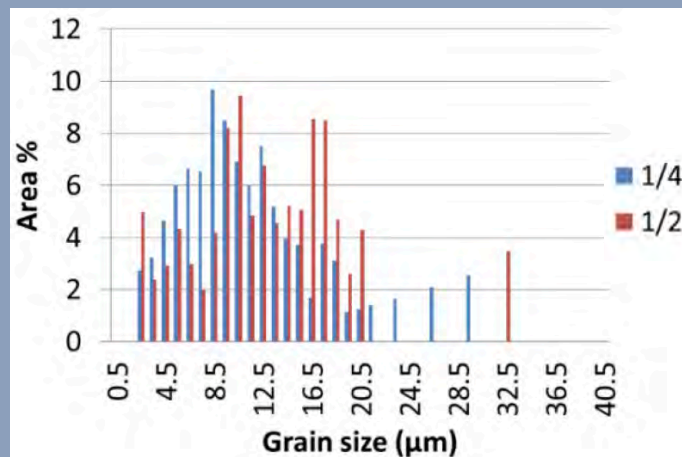


Figure 4 (b) Top row: grain size area fraction at 1/4 (blue) and mid-thickness (red) of plates rolled with improved rolling parameters specifically designed for improved toughness.

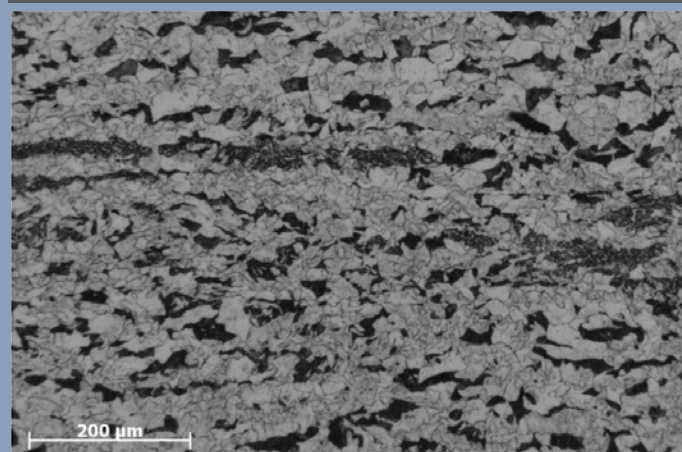


Figure 4 (c). Bottom row: micrograph image of plate mid-thickness rolled without improved rolling parameters, indicating the improvement in grain size.

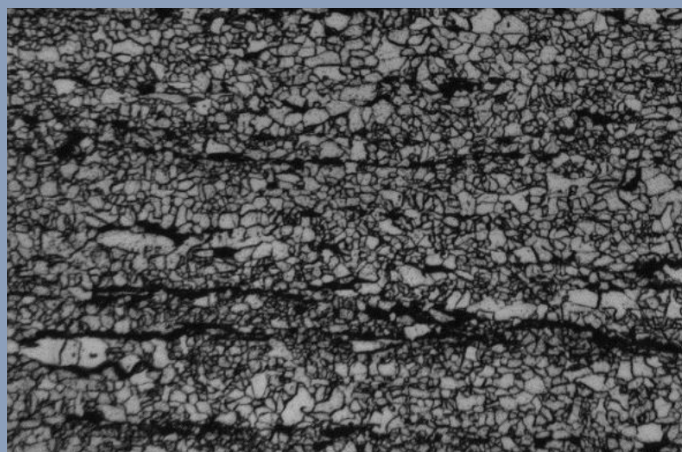


Figure 4 (d). Bottom row: micrograph image of plate mid-thickness rolled with improved rolling parameters, indicating the improvement in grain size.

WELDING PRE-QUALIFICATION CAMPAIGN TO API RP2Z

Taking into account all the information above, preproduction qualification according to API RP2Z was undertaken for 50 mm thick Grade 50 steel to API 2W from ArcelorMittal Gijón. The pre-qualification campaign was led by ArcelorMittal Global R&D Gent and witnessed by surveyors from Lloyd’s Register to guarantee adherence to the appropriate standards and requirements. When the base material testing results specified in API 2W and

RP2Z were met comfortably, the focus was of course on the HAZ CTOD and CVN testing results for welded assemblies using the different heat inputs.

As far as the CTOD values are concerned, these were all excellent with the lowest value – considering all invalid and valid samples for all heat inputs – achieved >1.60 mm (largest value measurable with some clip gauges) at -10 °C against a requirement of ≥ 0.25 mm.

Main challenge for the CTOD testing proved to be getting the fatigue pre-crack front location to sufficiently sample the HAZ zone of interest; if the zone of interest is not sufficiently sampled, the test is invalid and needs to be repeated.

This particularly held true for the 0.8 kJ/mm heat input weld for which in the end about double the number of valid samples required had to be tested:

- 15 tests gave seven valid test results for the GHAZ; five tests were required to get three valid results for the IC/SCHAZ.

Two different test houses and preparation methods were tested for the GHAZ for this heat input, with the best results achieved with mechanical notching rather than EDM chevron notching.

For the 3.0 kJ/mm heat input weld, all samples were valid and no retesting therefore had to be done; EDM chevron notching was used for all. For the 4.5 kJ/mm heat input weld, one extra sample had to be tested for the GHAZ and one for the IC/SCHAZ; again EDM chevron notching was used for both.

Overall, for all heat inputs combined, to get the 18 valid samples required, 32 samples were tested, which represents a serious investment in time, effort and cost.

For the CVN transition curves, excellent results were also achieved, with for nearly all positions and samples impact values above 150 J down to -80 °C, as can be seen from Figure 5.

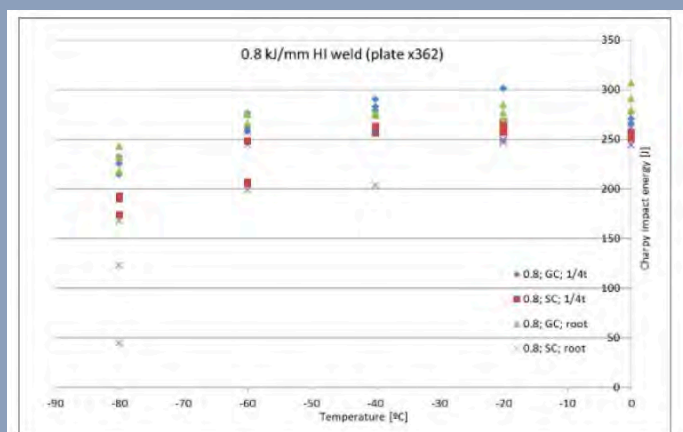


Figure 5 (a) CVN transition curves at different notch positions for a) 0.8 kJ/mm heat input weld.

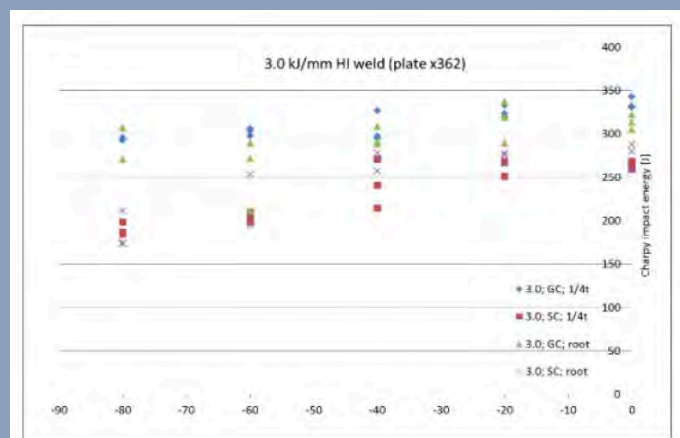


Figure 5 (b) CVN transition curves at different notch positions for b) 3.0 kJ/mm heat input weld.

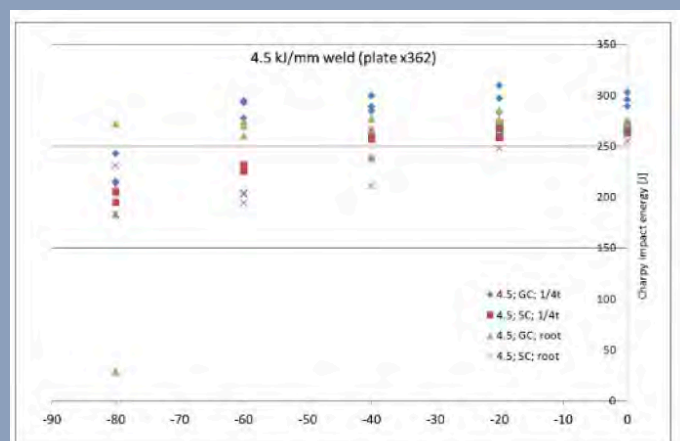


Figure 5 (b) CVN transition curves at different notch positions for c) 4.5 kJ/mm heat input weld.

CONCLUSIONS AND OUTLOOK

Three commonly used standards (API RP2Z, EN 10225 and NORSOK M-120) for pre-qualification of steels for offshore applications have been reviewed. Although they all have a similar aim to show the tolerance of a steel grade to a wide range of welding heat inputs - they differ on details. Some of these differences can be covered by adhering to the most stringent requirements of one of the three standards (e.g. location of the test weld assembly and the microstructural requirements on the CTOD pre-crack front location to API and the choice of the low heat input weld process to EN/NORSOK). However, the differences in heat input and pre-heat and interpass temperatures specified for the welded assemblies for HAZ CTOD testing mean that there is insufficient overlap between API on the one hand and EN/NORSOK on the other, to cover all standards with a single set of welded assemblies for CTOD testing.

The influence of different aspects of the steel and of the testing procedure on the CTOD test results and validity are discussed, covering on the one hand the steelmaking and processing practice's influence on the properties, with as most important variable the chemical composition and the rolling parameters for these thermo-mechanically controlled processed steels. On the other hand, for meeting the validity requirements of

the standards – for the HAZ CTOD testing to API in particular – the influence of the welding procedure and that of the CTOD notching practice is important. Although different approaches exist for notching, there appears not yet to be an infallible one.

Lastly, the excellent results achieved during a recent pre-production qualification for a concept developed for 50 mm thickness API 2W Grade 50 from ArcelorMittal Gijón are mentioned: it passed all requirements with flying colours. The main challenge proved not to be the material performance, but getting valid HAZ CTOD samples. The same steel concept is now being pre-qualified to EN 10225 and NORSOK M-120, to achieve so-called triple certification. In addition, it will be verified whether the current application range for the product, particularly in terms of the toughness testing temperature (currently -10 °C) and the thickness (currently 50 mm maximum), can be extended.

REFERENCES

- [1]. ISO 15614-1:2004: Specification and qualification of welding procedures for metallic materials -- Welding procedure test -- Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys, International Organization for Standardization ISO, 2004.
- [2]. API Recommended Practice 2Z: Preproduction Qualification for Steel Plates for Offshore Structures, Fourth Edition, American Petroleum Institute API, 2005.
- [3]. EN 10225:2009: Weldable structural steels for fixed offshore structures - Technical delivery conditions, European Committee for Standardization CEN, 2009.
- [4]. NORSOK standard M-120: Material data sheets for structural steel, Edition 5, Standards Norway, 2008.
- [5]. API Specification 2W: Specification for Steel Plates for Offshore Constructions, Produced by Thermo-Mechanical Control Processing (TMCP), Fifth Edition, American Petroleum Institute API, 2006.
- [6]. ISO 12135:2002: Metallic materials – Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness, International Organization for Standardization ISO, 2002.

PRÓXIMA ESTACIÓN: EN 15085

CESOL te ayuda:

- Certificación
- Asistencia técnica
- Formación de Coordinadores de Soldeo

¿CÓMO ES UNA SOLDADURA POR DENTRO?

José García Díaz
Miembro de CESOL

Esta pregunta para los iniciados en la actividad de las construcciones soldadas, puede resultar de fácil contestación, y aún así depende de, si su contacto con la soldadura, es directamente en Producción (ejecución y control de la misma), Ingeniería (definición en los planos, recogiendo la especificación de contrato y normas o reglas aplicables), Control o Gestión de Calidad (supervisión y control de los procesos, homologaciones y ensayos no destructivos), pues según sea alguno de los campos que hemos definido, así será el nivel de conocimiento sobre las uniones soldadas.

Este breve trabajo, por su corta extensión, más parecido a una Hoja de Taller, o Guía Técnica, pretende mediante unas sencillas figuras, dar contestación a la pregunta, haciendo uso de, ¿cómo se elabora una macrografía y micrografía?

¿Para qué sirve una macrografía? ¿Qué información podemos obtener de ella?

¿Para qué sirve una micrografía? ¿Qué información podemos obtener de ella?

Creo que si seguimos los pasos de 1 a 4 ilustrados por sus respectivas figuras, poco más habrá que comentar.

Tengo la sospecha de que cuando hablamos de macro y micrografías, estamos pensando sólo en un Laboratorio y por lo tanto de algo restringido al personal del mismo.

¿Tiene la suficiente divulgación práctica? Creo que no. Se quedan en el informe correspondiente para conocimiento del Técnico de soldadura que la ha pedido y poco más.

¿Las conocen los soldados? Generalmente no, porque nadie se las enseña, a pesar de ser ellos "los autores" de la ejecución de las uniones soldadas.

¿Les sería de mucha utilidad conocer para que sirven? Sin duda, pues como se podrá comprobar en las figuras que se adjuntan, hay una considerable información a la que el soldador es ajeno y que no sabe que existe, pero que el éxito o el fracaso de una unión soldada, depende de alguno de los factores que ellas nos muestran con suma claridad.

En las figuras adjuntas se muestran uniones a tope, aunque como se sabe, todo lo dicho es aplicable a uniones en T (uniones en ángulo) sean con penetración parcial o total.

He tenido la ocasión profesional de enseñar a los soldados macrografías y micrografías de "sus" soldaduras y no se lo creían, pues al ver las piezas tan pulidas, más bien les parecía que hubiesen salido de las manos de un joyero.

Nuestra comunicación con ellos se reduce a:.... Las radiografías o los ultrasonidos salieron bien y poco más....

También tengo la experiencia de haber enseñado macrografías (en pieza y en foto) y micrografías (en foto) en Oficinas Técnicas o Ingenierías y el asombro era inmediato, a pesar de que es aquí en donde se calculan, diseñan y definen las uniones soldadas, sean de estructuras o recipientes a presión.

Recomiendo como buena práctica de taller, la costumbre de hacer "macrografías de trabajo" a modo de maquetas y naturalmente con un grado de acabado más basto, con nital facilitado por un laboratorio. La información puede ser muy valiosa y un excelente control de las uniones a soldar.

El conservar las piezas que han servido para obtener macrografías, provistas de una capa de barniz para que no se oxiden con el paso del tiempo, constituye una excelente colección, como soporte técnico de primer nivel, para mostrar en cursos de formación, inspecciones oficiales, clientes, etc.

No es fácil disponer de macrografías con defectos, pues ello requiere un trabajo específico y que muchas veces el defecto que vamos buscando, no sale a la primera.

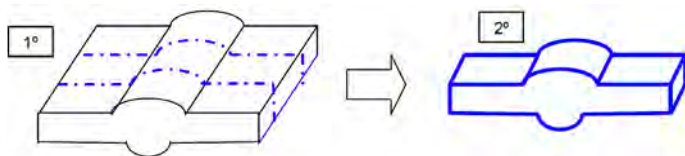
Nunca mejor se ve una falta de fusión entre pasadas, una falta de penetración, una grieta capilar provocada por la emigración de hidrógeno desde el interior de una unión soldada, que en una macrografía, así como el ancho de la zona afectada por el calor (ZAC) para control del heat input, en uniones de alta responsabilidad.

Recomendar también, una visita programada a un laboratorio para que nos enseñen todas las fases de preparación de una macro y micrografía, desde la soldadura original, hasta la foto-macro o micro.

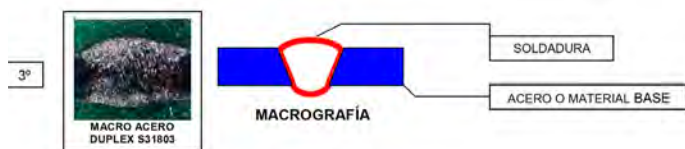
De un simple "trozo" de soldadura, podemos obtener una valiosa y didáctica información.

Animo a los Técnicos de Soldadura, con sus diferentes titulaciones, a coleccionar este tipo de piezas, pues reflejan siempre la preocupación de la empresa por el control de sus procesos, con lo que de especial tiene, el de soldadura.

1. Se corta una pieza de la soldadura real
2. Se pule y ataca con Nital (97-98% ALCOHOL+2-3% ÁCIDO NÍTRICO, para aceros al carbono)



3. Mediante el ataque con Nital se puede ver la soldadura por dentro, ya que el Nital contrasta de distinta forma el acero base de la soldadura

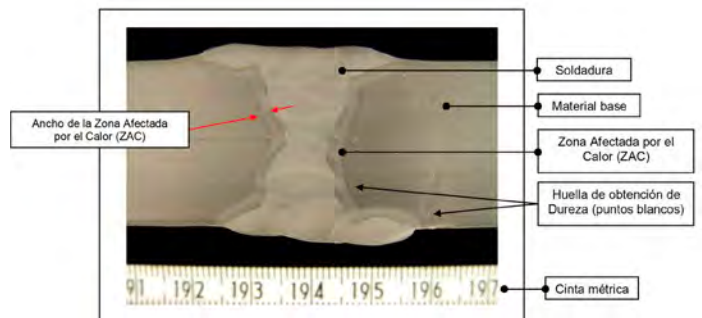


4. Eligiendo un punto de la macrografía anterior, se obtiene mediante fotografía con microscopio, una micrografía, que nos permite conocer la estructura metalúrgica tanto de la soldadura como del acero empleado en la unión



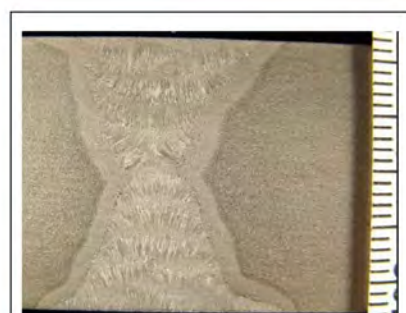
MICROGRAFÍA

Acero inoxidable duplex mostrando los cristales de austenita (amarillo) y ferrita (azul) reactivo de ataque cromógeno: Beraha BII



Información que obtenemos de una Macrografía

1. Los puntos blancos son las huellas para la obtención de durezas.
2. La porción de cinta métrica fotografiada con la macrografía sirve como escala de medición.
3. En el centro de la imagen se puede apreciar el material depositado o soldadura propiamente dicha.
4. Se puede observar claramente el número de pasadas y su disposición o colocación.
5. La zona grisácea más oscura adyacente a la soldadura es la zona afectada por el calor (ZAC).
6. Si la ZAC es estrecha podemos asegurar que la aportación de calor (heat input) durante la ejecución de la soldadura ha sido baja y por lo tanto obtendremos buenas propiedades mecánicas, resiliencia incluida.
7. Si la ZAC es muy ancha podemos asegurar que la aportación de calor (heat input) durante la ejecución de la soldadura ha sido elevada y por lo tanto obtendremos unas inferiores propiedades mecánicas, con valores de resiliencia más bajos.



BEATRIZ MARTÍN

RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DE CESOL



Hola Beatriz, cuéntanos, ¿cuántos años llevas trabajando en Cesol?

Hola. Llevo trabajando en CESOL 31 años, toda una vida. Es la única empresa, bueno Asociación, en la que he trabajado y de la que me siento muy orgullosa de pertenecer.

Eres una de las empleadas de Cesol con más antigüedad en la asociación, ¿cómo ha sido tu evolución profesional?

Al principio, CESOL, bueno antiguamente era ADESOL, era una Asociación más pequeña, en la cual, yo era la única secretaria que había, por lo que hacía de todo. Cuando creció y se fundó CESOL, pase a formar parte del Departamento de Administración, siendo la Secretaria de la Secretaria General y a mediados de este año, me dieron la oportunidad de ser la responsable del Departamento de Formación, sin dejar de pertenecer al Departamento de Administración

Desde hace pocos meses eres la nueva responsable de formación, ¿cómo estás afrontando este reto profesional?

Pues como bien dices, es un nuevo reto profesional, que aunque no es nuevo para mí, porque al principio de mis años en la Asociación ya había estado llevando los cursos de formación, sí que supone un reto, ya que ni mucho menos se hacía tanta formación como la que estamos impar-

tiendo actualmente y es un orgullo para mí que me hayan elegido para dicho puesto, y con la ayuda de mis compañeros espero que salga todo bien.

¿Tienes alguna iniciativa innovadora como responsable del departamento de formación?

De momento no me ha dado mucho tiempo en pensar alguna iniciativa innovadora, es poco tiempo el que llevo y con lo que estamos viviendo en estos momentos nos tenemos que conformar con lo que tenemos, pero con vistas a mejorar e innovar en todo lo que se pueda. Admito cualquier tipo de sugerencia al respecto. Espero que dentro de poco podamos introducir nuevas iniciativas, no solo en el departamento de formación sino en todos los departamentos.

El Covid-19 ha alterado los planes de todos ¿cómo se está afrontado esta situación desde el departamento de formación?

La verdad que muy bien. Se están impartiendo los cursos mediante teleformación, en los cuales tanto los alumnos como el profesor se conectan a través de la plataforma Teams, desde sus domicilios o el trabajo sin tener que desplazarse.

También con esta misma plataforma se están realizando los exámenes correspondientes. Esta nueva opción permite que los alumnos sigan formándose.

Esta idea ha sido muy bien aceptada tanto por alumnos como por profesores ya que así se evitan los desplazamientos hasta que, por lo menos, la situación se normalice y podamos hacer nuestra vida normal, que espero sea pronto.

Además de responsable de formación tienes otras responsabilidades, ¿qué es lo que más te gusta de lo que haces en tu día a día?

La formación me gusta, pero lo que realmente me gusta es todo lo relacionado con la administración, es decir, facturación, proveedores, clientes y sobre todo el tema de los Miembros de CESOL, a los que suelo denominar "mis niños", ya que desde que entré a trabajar en la Asociación ha sido una de mis prioridades, la cual la realizo con mu-

cho cariño y empeño. Eso no quiere decir que el resto de mis obligaciones no las haga igual, pero el tema de los Miembros para mí es especial.

¿Qué es lo que más valoras de la Asociación?

El ambiente, el día a día con los compañeros y sobre el trabajo que realizo. Valoro mucho que haya sido, como he mencionado anteriormente, el único trabajo que he tenido, de momento, y que espero seguir teniendo.

¿Cómo valorarías la relación con tus compañeros?

Buena. Somos una Asociación con pocos empleados y la relación que tenemos entre nosotros es muy buena. Eso hace que el trabajo sea agradable y ameno, aunque como en todos los matrimonios, hay sus días buenos y malos.

¿Hay algo curioso que te haya pasado en tus años en CESOL y que recuerdes con una sonrisa?

Más que curioso, agradable y conmovedor. Fue el día que celebramos mi vigésimo aniversario en CESOL. No en todas las empresas/asociaciones se celebran aniversarios pero en esta sí. Es de agradecer que organicen un evento y que en un momento determinado seas "la protagonista" por unos minutos, aunque bien saben todos los que me conocen, que no me gusta y prefiero pasar desapercibida, pero se agradece. En esos momentos, ves el cariño y trato que tienen hacia tí, sobre todo los compañeros a la hora de prepararte ese momento, que para mí fue tan especial.

¿Qué recomendarías para una tarde de domingo, un libro o una maratón de una serie?

Un libro no está mal, pero a mí me gusta más una película o un maratón de alguna serie acompañada, por supuesto, con un buen café y una buena compañía.

Y si tuvieras que recomendar una ciudad ¿Cuál sería?

Sin duda alguna MADRID. Para mí Madrid es una ciudad que tiene de todo, museos, cines, teatros, restaurantes, edificios con arquitecturas maravillosas, lugares para pasear, etc.. y por supuesto sus habitantes, que aunque nos llaman CHULOS yo creo que de eso no tenemos nada.

INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS

nuevo libro de CESOL
YA A LA VENTA

1^a
EDICIÓN

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN - CESOL

Obra completa para la adquisición de los conocimientos necesarios sobre los procesos de soldeo existentes en la industria, la metalurgia y su influencia en la inspección, los tipos de ensayos destructivos y no destructivos a llevar a cabo en cada situación y la normativa aplicable para el aseguramiento de calidad, así como para la cualificación de procedimientos de soldeo y soldadores.

Más información en www.cesol.es

INFORMACION DE LA JUNTA DIRECTIVA DE CESOL

Con fecha 23 de septiembre de 2020, se ha celebrado una reunión de la Junta Directiva de CESOL a través de la plataforma TEAMS, en la que se trataron, entre otros, los siguientes asuntos:



ALTAS MIEMBROS PROFESIONALES

APELLIDOS Y NOMBRE	ZONA GEOGRÁFICA
HERNÁNDEZ GALLEGO, José Julio	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, Extremadura y Exterior
HIGUERA FERNÁNDEZ, Francisco Javier	Andalucía
MARTÍNEZ ESTEBÁN, Kevin	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, Extremadura y Exterior
PÉREZ DÍEZ, Juan José	Valencia y Murcia
SANTURIO MARTÍNEZ, Marco	Asturias

BAJAS MIEMBROS PROFESIONALES

APELLIDOS Y NOMBRE	ZONA GEOGRÁFICA
CARAMÉS CORTINEZ, David	Asturias
CUÑA BARRETTO, Richard Daniel	Valencia y Murcia
DÍAZ BUENESTADO, Carmen	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, Extremadura y Exterior
GONZÁLEZ LOZANO, Juan	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, Extremadura y Exterior
ISLA GÓMEZ, Fernando	Aragón y La Rioja
LÁZARO MARTÍN, Angela	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León, Extremadura y Exterior
ORTIZ PASTOR, Aritz	País Vasco y Navarra

ALTAS MIEMBROS INDUSTRIALES

EMPRESA / ENTIDAD	SECTOR INDUSTRIAL
HIDRAMAR, S.L.	Naval
INSTITUTO DE SOLDADURA WELDER SKILL, SAS	Entidades de Servicio y Agencias de Inspección

SITUACIÓN DE LOS MIEMBROS DE CESOL DESPUES DE ALTAS Y BAJAS

	MIEMBROS A 10-6-2020	BAJAS ASAMBLEA 8-7-2020	ALTAS	BAJAS	MIEMBROS A 23-9-2020
M. PROFESIONALES	357	12	5	7	343
M. INDUSTRIALES	92	2	2	0	92

VARIOS:

Se informa de los siguientes asuntos:

- Se ha puesto el nombre de SALA MANUEL REINA GÓMEZ a una de las salas de las oficinas de la Asociación en la calle Condado de Treviño nº 2.
- En julio la Asamblea del IIW se ha realizado de manera virtual.
- La revista se pasa a editar únicamente en formato digital
- Para poder cumplir con las recomendaciones sanitarias se ha buscado un aula alternativa en el Centro de Formación de ADEMI, cuando no sea posible utilizar la de CESOL por la limitación de aforo.
- Se ha recibido el Lazo de la Real Hermandad de la Virgen de la Herrería.
- Se aprobó el Manual de Cumplimiento de la Asociación.
- El Congreso/Jornadas Técnicas que se iban a celebrar este año y se pospusieron una primera vez para 2021 se ha pospuesto nuevamente hasta 2022.
- Ya esta disponible el nuevo libro de INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS.

PROGRAMACIÓN DE CURSOS 2021

Cursos Monográficos presenciales

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
Interpretación de planos	11 de enero de 2021	Madrid
Inspección Visual	5 de mayo de 2021	
Cualificación de Soldadores y Procedimientos Mediante Normativa Europea y ASME IX	Del 26 al 28 de mayo de 2021	
Soldabilidad de los Aceros. Recicla tus Conocimientos	Del 14 al 16 de junio de 2021	
Interpretación de planos	13 de octubre de 2021	
Cualificación de Soldadores y Procedimientos Mediante Normativa Europea y ASME IX	Del 20 al 22 de octubre de 2021	
Inspección Visual	11 de noviembre de 2021	

Para más información consulte nuestra página web:

<http://cesol.es/wordpress/formacion/formacion-presencial/>



Inspector de Construcciones Soldadas

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
ICS: Inspector de construcciones soldadas N1 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 25 al 29 de enero de 2021	Madrid
ICS: Inspector de construcciones soldadas N2 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 22 al 24 de febrero de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N3 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 24 al 26 de febrero de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N1 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 7 al 11 de junio de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N2 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 5 al 7 de julio de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N3 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 7 al 9 de julio de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N1 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 13 al 17 de septiembre de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N2 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 4 al 6 de octubre de 2021	
ICS: Inspector de construcciones soldadas N3 de acuerdo a la nueva norma EN 14618:2017	Del 6 al 8 de octubre de 2021	

Para más información consulte nuestra página web:

<http://cesol.es/wordpress/formacion/formacion-presencial/>



Cursos Monográficos On – Line

Nuestra oferta actual de cursos a distancia cubre todos los aspectos relacionados con el soldeo. La matriculación en estos cursos está abierta permanentemente. Toda la información detallada acerca de dicha formación, la podrá encontrar en <http://www.cesol.es>, en la pestaña FORMACIÓN.

Cursos Presenciales con Reconocimiento Europeo

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
TÉCNICO APLICADOR EUROPEO DE ADHESIVOS (EAB)	Del 18 al 22 de enero de 2021	Madrid
	Del 8 al 12 de marzo de 2021	
	Del 6 al 10 de septiembre de 2021	
ESPECIALISTA EUROPEO DE ADHESIVOS (EAS)	Sesión 1 – Del 15 al 19 de febrero de 2021	Madrid
	Sesión 2 – Del 22 al 26 de marzo de 2021	
	Sesión 3 – Del 19 al 23 de abril de 2021	
	Sesión 1 – Del 27 de septiembre al 1 de octubre de 2021	
	Sesión 2 – Del 25 al 29 de octubre de 2021	
	Sesión 3 – Del 29 de noviembre al 3 de diciembre de 2021	

Para más información consulte nuestra página web:
<http://cesol.es/wordpress/formacion/adhesivos/>



Cursos Semipresenciales con Reconocimiento Internacional

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
29ª CONVOCATORIA INGENIERO/ TÉCNICO/ ESPECIALISTA INTERNACIONAL DE SOLDADURA	Prácticas de Taller – Del 18 al 22 de enero de 2021	Madrid
29ª Y 30ª CONVOCATORIA INGENIERO/ TÉCNICO/ ESPECIALISTA INTERNACIONAL DE SOLDADURA	Prácticas de Taller – Del 8 al 12 de marzo de 2021	
30ª CONVOCATORIA INGENIERO/ TÉCNICO/ ESPECIALISTA INTERNACIONAL DE SOLDADURA	Módulo 2 – Del 8 al 12 de febrero de 2021	
	Módulo 3 – Del 5 al 9 de abril de 2021	
	Módulo 4 – Del 31 de mayo al 4 de junio de 2021	
31ª CONVOCATORIA Ingeniero/ Técnico/ Especialista Internacional de Soldadura	Módulo 1 – Del 12 al 16 de abril de 2021	
	Prácticas de Taller – Del 10 al 14 de mayo de 2021	
	Módulo 2 – Del 28 de junio al 2 de julio de 2021	
	Módulo 3 – Del 20 al 24 de septiembre de 2021	
	Módulo 4 – Del 15 al 19 de noviembre de 2021	

Para más información consulte nuestra página web:
<http://cesol.es/wordpress/formacion/cursos-semipresenciales/>



INGENIERO INTERNACIONAL DE SOLDADURA IWE	
MÓDULOS	Horas eLearning / presenciales
Procesos de Soldeo y su Equipo	100 / 39
Materiales y su Comportamiento Durante el Soldeo	120 / 36.5
Cálculo y Diseño de Uniones Soldadas	85 / 37
Fabricación y Aplicaciones por Soldeo	100 / 41
Taller de Soldadura	- / 38



TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA IWT	
MÓDULOS	Horas eLearning / presenciales
Procesos de Soldeo y su Equipo	100 / 39
Materiales y su Comportamiento Durante el Soldeo	120 / 36.5
Cálculo y Diseño de Uniones Soldadas	85 / 37
Fabricación y Aplicaciones por Soldeo	100 / 41
Taller de Soldadura	- / 38



ESPECIALISTA INTERNACIONAL DE SOLDADURA IWS	
MÓDULOS	Horas eLearning / presenciales
Procesos de Soldeo y su Equipo	50 / 39
Materiales y su Comportamiento Durante el Soldeo	75 / 36.5
Cálculo y Diseño de Uniones Soldadas	75 / 37
Fabricación y Aplicaciones por Soldeo	50 / 41
Taller de Soldadura	- / 38



Para más información consulte nuestra página web:

<http://cesol.es/wordpress/formacion/cursos-semipresenciales/>



NOTA: Al tratarse de previsiones, es posible que se produzcan algunas modificaciones de las convocatorias indicadas. Para más información consulte nuestra página web:

<http://www.cesol.es/nuevaWeb/cursos-semipresenciales.htm>



La nueva imagen del Manual del Soldador

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN - CESOL

MANUAL DEL SOLDADOR

Germán Hernández Riesco



27^a
EDICIÓN

PERSONAL DE SOLDADURA

En este número se relacionan las personas certificadas como Inspectores de Construcciones Soldadas y las que han obtenido Diplomas Internacionales/Europeos de Soldadura 30 de Mayo al 3 de Noviembre de 2020:

Personal Certificado

EXAMEN DE INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS:

Nivel 1:

- Dña. Verónica ALONSO HERNÁN
- D. José Antonio COSTAS GUERRERO
- D. Iván LÓPEZ GARCÍA
- D. Daniel LUIS VELLES
- D. Alejandro MARTÍNEZ RUIZ
- D. Raúl MOLERO DÍAZ
- D. Alberto ROMERO BELZUNCES
- D. Jorge SÁNCHEZ SOBRERO
- D. Juan Antonio TAPIAS ARMADA
- D. Carmelo José TOMÁS FLORES
- D. Edison Manuel VERA LÓPEZ

Nivel 2:

- D. Pedro AGUILAR CONESA
- D. Luis Javier CASTELLANO CASTÁN
- D. José Carlos DAIMIEL IBÁÑEZ
- D. Jesús MERCADER FLORÍN
- D. Sergio SEIJAS MORICHE

RENOVACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN COMO INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS:

Nivel 1:

- Dña. Magaly del Consuelo ALARCÓN MEDRANO
- D. Daniel ASENJO GONZÁLEZ

- D. Sergio AYUSO ONCALA
- D. David BORRÁS CABALLER
- D. José Ramón CALVO EIRAS
- D. Jorge CAÑAVATE MUÑOZ
- D. Roberto DÍAZ LÓPEZ
- D. Juan Francisco GAMBÍN MADRID
- D. Raúl GANADO MASEDA
- D. Juan Carlos GARCÍA GARCÍA
- D. Juan Ángel GARCÍA RODRÍGUEZ
- D. Elvis Paul GASPAS CARPENA
- D. Bartolomé GÓMEZ HERNÁNDEZ
- D. Miguel HERNÁNDEZ JORDAN
- D. Miguel Ángel HERNÁNDEZ PONCE
- D. Javier JUNCAL CHAPELA
- D. José Luis MEIRA CONTRERAS
- D. Daniel OLLER GUERRA
- D. Miguel Ángel PÉREZ ESPEJO
- D. Miguel RIBERA SÁNCHEZ
- D. Miguel Ángel RUIZ TORRENTE
- D. José Francisco SÁNCHEZ BAQUERO
- D. Antonio Benito SÁNCHEZ MUÑOZ
- D. Alberto SANTIRSO CAMPO
- D. Francisco Javier TAJUELO LÓPEZ
- D. Jorge TOMÁS ARTES
- D. Andrés VIDAL MUÑOZ

Nivel 2:

- D. José Antonio ABECIA ALONSO
- D. Juan Antonio ÁLVAREZ PULGAR
- D. Carlos ARANZADI AYARRA
- D. Jaime BARRIL ROJO

- D. Juan CABALLERO RIVAS
 - D. Víctor CEBRIÁN IRANZO
 - D. Óscar CRESPO VALERA
 - D. Carlos Alfonso de la CRUZ RODRÍGUEZ
 - D. Ernesto José CUADRA SERENO
 - D. Julio CUENCA BLANCO
 - D. José Luis CUERVO ESTRADA
 - D. Diego DÍAZ ARENAS
 - D. Javier DÍAZ FLORES
 - D. Juan Miguel DÍAZ MARCHÁN
 - D. Jorge EDO ZARAGOZA
 - D. Joseba ERRAMON FILIBI ROMERO
 - D. Rolando Mateo ESCALANTE HENRIQUEZ
 - Dña. Rosa Blanca ESTEBAN DOMÍNGUEZ
 - D. Antonio FAJARDO SALINAS
 - D. Pablo FERNÁNDEZ ESPUELAS
 - D. Fernando FERNÁNDEZ LANCIS
 - D. José Javier FERNÁNDEZ LORENZO
 - D. Juan José FERNÁNDEZ MILÁN
 - Dña. Marta FERNÁNDEZ MILLAS
 - D. Víctor FERNÁNDEZ VALERO
 - D. Diego FONTECHA ESPINOSA
 - D. José Luis FRANCO AGUERRI
 - D. Fernando GARCÍA-RENDUELES IGLESIAS
 - D. Francisco Manuel GARCÍA MELLADO
 - D. Javier GARCÍA MONTES DE OCA
 - Dña. Sonia GARCÍA ROJO
 - D. José Luis GARCÍA SOLANO
 - D. Miguel Ángel GIL OYAREGUI
 - D. David GÓMEZ FERNÁNDEZ
 - D. Isaac GÓMEZ PARREÑO
 - D. Francisco Javier HERNÁNDEZ SAURA
 - D. Vicente JIMÉNEZ LLORENTE
 - D. Francisco Javier JIMÉNEZ VICTORIA
 - D. Víctor Luis LECEGUI BELMONTE
 - D. José Manuel LÓPEZ LÓPEZ
 - D. Vicente LÓPEZ MARTÍNEZ
 - D. Miguel Ángel LUJÁN PELÁEZ
 - D. Javier Antonio MARCO LOZANO
 - D. Carlos MARTÍNEZ CARRILLO
 - D. Manuel MARTORELL LEÓN
 - D. Antonio Juan MOLERO GARCÍA
 - D. Víctor Manuel MONFORTE MARTÍNEZ
 - D. Juan Manuel MORAL RUIZ
 - D. Juan Manuel MORELL DELGADO
 - D. Francisco Javier MORENO MARTÍNEZ
 - D. Carlos Ernesto MORENO MÉNDEZ
 - D. Antonio MORILLAS PORTERO
 - D. Ramón de la MUELA ROMERO
 - D. Roberto NEVADO ALMODOVAR
 - D. Alejandro ORTIZ HERNÁNDEZ
 - D. Óscar OTERO ZABALETA
 - D. José Manuel PAREDES ROMERO
 - D. Román PÉREZ MARIZ
 - D. Jesús PLAZA VILAR
 - D. Raúl RICO BECEIRO
 - D. Miguel RODRÍGUEZ AL-LAL
 - D. José Benito RODRÍGUEZ CAMACHO
 - D. Francisco Manuel RODRÍGUEZ LADO
 - D. Fernando ROMERO BECEIRO
 - D. Juan Carlos RUIZ CRISTOBAL
 - D. Indalecio RUIZ MARISCAL
 - D. Alberto RUPÉREZ AZOFRA
 - D. Demetrio SAN ADRIÁN NARVÁEZ
 - D. Daniel SÁNCHEZ TORRADO
 - Dña. Yolanda SIN CASASNOVAS
 - D. Alejandro TORREGROSA LOPE
 - D. José M^a TORRES TEJEDOR
 - D. Pedro Luis UGARTE LEJARZA
 - D. Daniel VÁZQUEZ LAINEZ
 - D. Emilio VECINA ROSILLO
 - D. Salvador de la VEGA PÉREZ
 - D. Juan José ZUBIA DURÁN
- Nivel 3:**
- D. Francisco ARJONA VALLADARES
 - D. Rafael BERMEJO GUILLAMÓN
 - D. Elías Samuel CAMPANARIO ALONSO
 - D. Julio CASTRO GARCÍA
 - D. Alejandro CELIS FRESCO
 - D. Bruno CORCOBA CAO
 - D. Ismael FERNÁNDEZ MIRALLES
 - D. David FERNÁNDEZ RAZQUIN
 - D. Luis FRAGA SÁNCHEZ

- Dña. Soraya GADEA FRÍAS
- D. Francisco GALLEGRO SÁNCHEZ
- D. José Alonso GONZÁLEZ MARTÍN
- Dña. Erica GONZÁLEZ MONTAÑEZ
- D. Ricardo Andrés LEGAZ RÍOS
- D. Ricardo LÓPEZ GUTIÉRREZ
- D. Fernando Ramón MARTÍN LAGUNA
- D. Juan José MENÉNDEZ GARCÍA
- D. Rafael PAMPLONA GÓMEZ
- D. Adán PÉREZ FERNÁNDEZ
- D. Cristóbal REYES BERNAL
- D. Gonzalo RIVEIRO FREIRE
- D. Vicente Javier RODRÍGUEZ GARCÍA

INGENIERO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWE)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. Néstor del ÁLAMO VICENTE
- D. José Luis GAMAZO VINAGRE
- Dña. Aitziber GORRIÑO-BEASKOA GÓMEZ
- D. José Luis RAMÍREZ JORGE
- D. Óscar RUIZ GÓMEZ

TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWT)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. D. José María ALDAY ANDINO
- D. Francisco Javier RODRÍGUEZ MARÍN

TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWS)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. Daniel FREIXA DOMENECH
- D. Antonio PERIÑÁN MARÍN
- D. Rubén ROJI FERNÁNDEZ

TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWT)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. D. José María ALDAY ANDINO
- D. Francisco Javier RODRÍGUEZ MARÍN

TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWS)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. Daniel FREIXA DOMENECH
- D. Antonio PERIÑÁN MARÍN
- D. Rubén ROJI FERNÁNDEZ

ESPECIALISTA EUROPEO DE ADHESIVOS" (EAS)

MEDIANTE EXAMEN:

- D. Mariano FERNÁNDEZ MONTALVO
- D. Adrián OLIVARES MICO

TÉCNICO APLICADOR EUROPEO DE ADHESIVOS" (EAB)

MEDIANTE EXAMEN:

- Dña, Raquel CARRANZA MORANTE
- Dña, Ana CLEMPUSAC
- D. Jaume DE HARO CAÑADA
- D. José DE LA RUA VALLESPÍ
- D. Nicolau GALLEGRO PERARNAU
- D. Víctor Ariel HONOR ARANDIA
- D. Christian JIMÉNEZ MARTÍNEZ
- D. Marc JORDI MOLINA
- D. Alex MORENO LAGUNA
- D. Gustavo Enrique SANTANA MELGAREJO
- D. Víctor TEJADA LANUSA
- D. David TORVISCO SANCHO
- D. Xavier TUDURÍ VALLS
- D. Sergi VARO MORAL

SAF

Sistemas Avanzados de Formación
 C/ Condado de Treviño, 2 - Local F31
 28033 Madrid
 Correo electrónico: saf@cesol.es

Si desea suscribirse a nuestra revista, rellene sus datos y háganos llegar este cupón por correo, fax o correo electrónico.

Boletín de Suscripción a la revista "Soldadura y Tecnologías de Unión"

Sí, deseo suscribirme a la revista "Soldadura y Tecnologías de Unión" en formato digital por espacio de *1 año (tres números) para lo cual, a continuación indico mis datos

Nombre y apellidos:

Cargo:

DATOS DE FACTURACIÓN

Persona/Entidad:

DNI/CIF:

Dirección:

Población:

Provincia:

Código Postal:

País:

Teléfono:

Email:

Forma de pago: Transferencia bancaria

Cheque nominativo

Domiciliación bancaria

Firma/sello:

FORMA DE PAGO SEGÚN OPCIÓN ELEGIDA

Transferencia bancaria:

Sistemas Avanzados de Formación, S.A.U.
 CCC: ES88 3025 0006 21 1400001745

Cheque nominativo a:

Sistemas Avanzados de Formación, S.A.U.

Domiciliación bancaria:

□□□□ □□□□ □□□□ □□□□ □□□□ □□□□

*1 año (tres números): 55,25 Euros (IVA no incluido).



AGENDA 2020/21

MACTECH 2020

FECHA: 10 - 13 diciembre 2020

LUGAR: El Cairo (Egipto)

Información relacionada:

<http://www.mactech.com.eg/>

IMEX - INTERNATIONAL MACHINE TOOLS EXHIBITION 2020

FECHA: 17 - 19 diciembre 2020

LUGAR: Nueva Delhi (India)

Información relacionada:

<https://imexonline.com/Home>

SYDNEY BUILD EXPO 2020-2021

FECHA: 03 - 04 febrero 2021

LUGAR: Sydney (Australia)

Información relacionada:

<https://www.sydneybuildexpo.com/>

TECMA MÉXICO 2021

FECHA: 02 - 05 marzo 2021

LUGAR: Ciudad de México (México)

Información relacionada:

<https://tecma.org.mx/>

FOTEG ISTANBUL 2021

Fecha: 04 - 06 marzo 2021

Lugar: Estambul (Turquía)

Información relacionada:

<http://www.fotegistanbul.com/>

GLOBAL INDUSTRIE 2021

FECHA: 16 - 19 marzo 2021

LUGAR: Paris (Francia)

Información relacionada:

<https://global-industrie.com/en>

TUBE INDIA INTERNATIONAL 2021

Fecha: 25 - 27 marzo 2021

Lugar: Mumbai (India)

Información relacionada:

<https://www.tube-india.com/>

“La programación de estos eventos puede sufrir variaciones debidas a la situación excepcional en la que nos encontramos”.



Líder mundial en Mantenimiento por Soldadura y Protección contra el desgaste de superficies

Desde 1906, Castolin Eutectic es líder mundial en mantenimiento, protección contra el desgaste de superficies y uniones especiales mediante soldaduras por arco, soldaduras fuertes y revestimiento.



Mediante nuestro Equipo Técnico - Comercial:

Ofrecemos soluciones de eficacia demostrada y valor añadido para múltiples sectores industrias, siderurgia, cemento, papel, reciclado, etc.

Colaboramos con nuestros clientes para reducir los costes de mantenimiento y aumentar la productividad.

Ponemos a su alcance la más amplia gama de productos, electrodos, hilos, aleaciones micropulverizadas, equipos, etc.

Conocemos su sector, descubra cómo podemos ayudarle a ahorrar costes, reducir riesgos y aumentar la vida de sus valiosos activos.

Contáctenos en: castoliniberica@castolin.com

<< www.castolin.com >>



Más Fuerte, con Castolin Eutectic

Publicaciones y Reseñas Bibliográficas

Esta sección de "Soldadura y Tecnologías de Unión" recoge los últimos sumarios de las revistas más prestigiosas del sector de la soldadura.

Últimos sumarios publicados en las revistas más prestigiosas del sector

Relación de Artículos publicados en Revistas Técnicas que se reciben en CESOL. Los Miembros Industriales y Profesionales de CESOL pueden solicitar fotocopia de los artículos en que estén interesados sin cargo alguno. Los no Miembros Industriales ni Profesionales de CESOL deberán abonar 0,18 € por página previamente al envío de la fotocopia del artículo. No se admitirán encargos después de transcurridos tres meses de la publicación de este número de la revista SOLDADURA y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN.

Lastechnik

Junio 2020

Automatisch samenstellen en aﬂassen staalconstructiedelen – Luuk van Rinsum. (3 pags.)

Lasinspectie wie doet wat? - Leo Vermeulen. (3 pags.)

Agosto 2020

Doorlopende leerlijnen in Rotterdam – Margriet Wennekes, foto Oscar van der Wijk. (2 pags.)

Lesgeven in coronatijd - Frank Smit. (2 pags.)

Kwaliteitszorg in de (staalbouw) industrie – Magriet Wennekes en Leo Vermeulen. (5 pags.)

Rivista Italiana Della Soltadura

Junio 2020

Superplastic Forming-Diffusion Bonding di pannelli strutturali aeronautici – M. Amabile y M. Di Paola. (7 pags.)

Proprieta a fática di giunti dissimili saldati ad arco tra ghisa austemperata ed acciaio – Giovanni Meneghetti et al. (16 pags.)

Qualificazione di una procedura di controllo PA-UT (Phased Array Ultrasonic Testing) di giunti circonferenziali di tubi placcati di spessore elevato, eserciti in regime di fática, in acordó a DNV-OS-F101 – G. Didonna et al. (11 pags.)

Agosto 2020

Caratteristiche della solidificazione della zona fusa di giunti saldati di acciai resistente allo scorrimento viscoso a caldo grado 9Cr e loro effetti sulle propieta meccaniche – A. Nitsche. (21 pags.)

Criteri per l'approvvigionamento di materiali d'apporto per saldatura: la norma UNI EN ISO 14344 ed ASME BPVC II C, SFA-5.01 – G. Gallazi y M. Murgia. (10 pags.)

Octubre 2020

Caratterizzazione delle prestazioni di giunti in acciaio grado S355 e acciai bonificati per applicazioni strutturali – M. Aguiari et al. (11 pags.)

Il ruolo della saldatura nella realizzazione di moderni ponti sospesi e strallati – M. de Miranda et al. (7 pags.)

Le Fabbriche Riunite Ossigeno. La svolta del 1939: dalla saldatura ossiacetilenica allá saldatura elettrica - G. Roverato y F. Targa. (13 pags.)

Metalindustria

Junio 2020

Una entrada sencilla al mundo de la automatización – GO ScanCobot. (2 pags.)

Asociación Española de Ensayos No Destructivos

2º Trimestre 2020

Aspectos críticos para una armonización real de la certificación de personas que realizan ensayos no destructivos – Rodolfo Rodríguez. (6 pags.)

3er Trimestre 2020

Proyecto europeo ENDURUNS: Inspección de mares y océanos a través de vehículos autónomos. Desarrollo de ensayos no destructivos – Pedro Bernalte Sánchez, Isaac Segovia Ramírez, Mayorkinos Papealias, Simone Marini y Fausto Pedro García Márquez. (12 pags.)

Recuerdos nostálgicos de un viejo radiólogo – Jesús Serrano Sámchez. (4 pags.)

Biuletyn Instytutu Spawalnictwa

Nr 2/2020

Problemy przy remontach urządzeń eksploatowanych w przemyśle chemicznym - Edmund Tasak y Aneta Ziewiec. (4 pags.)

Wpływ zabiegu technologicznego i obciążenia na trwałość spoin pachwinowych - Janusz Lewandoski y Dariusz Rozumek. (3 pags.)

Nr 3/2020

Właściwości wytrzymałościowe złączy stali S1300QL wykonanych różnymi metodami spawania - Mirosław Lomozik. (9 pags.)

Spawanie i ciecie podwodne elektrodami NAUTICA w zastosowaniach morskich i przybrzeżnych - Jan Hilkes y Jürgen Tuchtfeld. (11 pags.)

WELDING JOURNAL

Julio 2020

Effect of PWHT on Laser-Welded Duplex Stainless Steel – This study aims to evaluate the effects of postweld heat treatments on the microstructure, the tensile behavior, and corrosion resistance of laser-welded UNS S32304 duplex stainless Steel - A. S. Magalhães et al. (18 pags.)

Characteristics of Arc and Metal Transfer in Pulsed Ultrasonic-Assisted GMAW - The conventional process for GMAW of aluminum alloys was significantly improved with the addition of different pulsed frequencies - C. Chen et al. (6 pags.)

Agosto 2020

Bond Formation Mechanism for Resistance Welding of X70 Pipeline Steel – A physical mechanism for joint formation during RW is proposed – R. Kannan et al. (15 pags)

Comparison of the Resistance Spot Weldability of AA5754 and AA6022 Aluminum to Steels - Parallel studies were carried out for AA5754 low carbon steel and AA6022 low carbon steel resistance spot welds to investigate the effects of aluminum contact resistance on the weld profile, interfacial microstructure, defect distribution, and coach peel performance – S. Hu et al. (15 pags.)

Septiembre 2020

Deep Learning-Based Detection of Penetration from Weld Pool Reflection Images – An innovative method is proposed to determine weld joint penetration using machine learning techniques – C. Li et al. (7 pags.)

Effects of Filler Wire Intervention on Gas Tungsten Arc: Part I – Mechanism - Part I studies the mechanism of the filler wire on the gas tungsten arc based on an arc-sensing method of detecting probe voltages – S. Zou et al. (9 pags.)

Octubre 2020

Solidification Cracking Susceptibility of Stainless Steels: New Test and Explanation – The Transverse Motion Weldability test exhibits advantages over the Varestraint test for assessing the susceptibility of various stainless steels to solidification cracking – K. Liu et al. (16 pags.)

Effects of Filler Wire Intervention on Gas Tungsten Arc: Part II – Dynamic Behaviors of Liquid Droplets - Part II studies droplet behavior and its effect on the gas tungsten arc to test a novel arc-sensing method for monitoring and controlling weld quality - S. Zou et al. (9 pags.)

Noviembre 2020

Metal Transfer Mechanisms in Hot-Wire Gas Metal Arc Welding – The objective of this study was to detail the influence of the hot-wire polarity, welding direction, and hot-wire feed rates - P. P. G. Ribeiro et al. (14 pags.)

Prediction of Weld Penetration Using Dynamic Weld Pool Arc Images - A new method is proposed to more accurately predict weld penetration using fused images - W. Jiao et al. (8 pags.)

Sección dedicada a las ofertas y demandas de empleo en el sector de la soldadura, sus técnicas, afines y demás tecnologías de unión

Oferta de empleo:

Nº REFERENCIA: 162/01

TÉCNICO/A OPERADOR/A END O ICS EN SU DELEGACIÓN DE MURCIA. MURCIA – ESPAÑA.

Requisitos:

- Es imprescindible estar Certificado/a por Certiaend mínimo como Inspector de Construcciones Soldadas (ICS-CESOL) Nivel II. Recomendable también Nivel II en Inspección Visual.
- Altamente valorable otras certificaciones: Ultrasonidos, Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas y/o Radiografía Industrial nivel II según UNE-EN-473 e ISO 9712:2015.
- Experiencia demostrable en END/ICS al menos de 2 años

Nº REFERENCIA: 162/03

INSPECTOR/AUDITOR PRESSURE EQUIPMENT, PED, WELDING AND MATERIALS. ERANDIO – BIZKAIA.

(País Vasco / Cantabria con desplazamientos en todo el territorio nacional).

Requisitos:

- Ingeniero Técnico - Especialidad Mecánico (No excluyente).
- Se valorará experiencia (mínimo 2 años).
- Conocimientos Códigos de Diseño, Soldadura, materiales.
- Se valorará experiencia en proyectos sector Oil&Gas u otros.
- Se valorará experiencia en supervisión procesos de soldadura, END, control IPPs, certificados, etc.
- Inglés nivel Medio/Alto. Se valorarán otros idiomas.
- Requisito deseable : Ingeniero de soldadura.
- Permiso de conducir B1.
- Vehículo propio.

Funciones:

- En un proceso de formación continuada, asumir responsabilidades en Auditorías de Fabricantes.
- PED, Códigos de Diseño, Inspección en Instalaciones de fabricantes y cliente final, Inspección.
- ASME.

Nº REFERENCIA: 162/04

INGENIERO/A DE SOLDADURA.

Empresa líder en el sector ferroviario, busca incorporar INGENIERO/A DE SOLDADURA, dentro del departamento de Ingeniería de Fabricación, para Álava y Madrid

Funciones:

- Realizar y gestionar propuestas de mejora y proponer nuevas ideas (diseños y conceptos) para la optimización de los procesos y de los productos.
- Elaborar propuestas de revisión de planos, así como la documentación de procesos para el taller y proveedores.
- Definir y planificar los procesos de fabricación.
- Realizar utillaje necesario para la mejora de los procesos de fabricación.
- Dar soporte técnico a otras áreas de la organización.
- Controlar los trabajos de desarrollo subcontratados.

Requisitos:

- Ingeniero/a Técnico o Superior, preferiblemente Ingeniería Industrial especialidad Mecánica o Ingeniería de Materiales.
- Imprescindible estar certificado/a como Ingeniero/a Internacional de Soldadura.
- Experiencia 3 a 5 años en fábricas o talleres, trabajando en entornos industriales.
- Disponibilidad para viajar si se necesitara. Inglés nivel alto.

Nº REFERENCIA: 162/05

INGENIERO/A DE CALIDAD (SOLDADURA). ERANDIO – BIZKAIA.

Requisitos:

- Certificación IWE / EWE.
- Formación INGENIERO de SOLDADURA.
- Experiencia de entre 3 y 5 años como Inspector de soldadura en obra.
- Disponibilidad para viajar Nacional e Internacional.
- Nivel de inglés alto.
- Valorable experiencia en sector de la Energía.

Se ofrece:

- Contrato de trabajo estable.

Nº REFERENCIA: 162/06

SOLDADOR. GIPUZKOA – MONDRAGÓN.

Requisitos:

- Soldador de TIG Y MIG/MAG.
- Amplios conocimientos en interpretación de planos

También puedes ver ofertas y demandas de empleo en nuestra web:
<https://www.cesol.es/bolsa-empleo-ofertas.html>

Fotografía tu trabajo y envíanos las fotos.



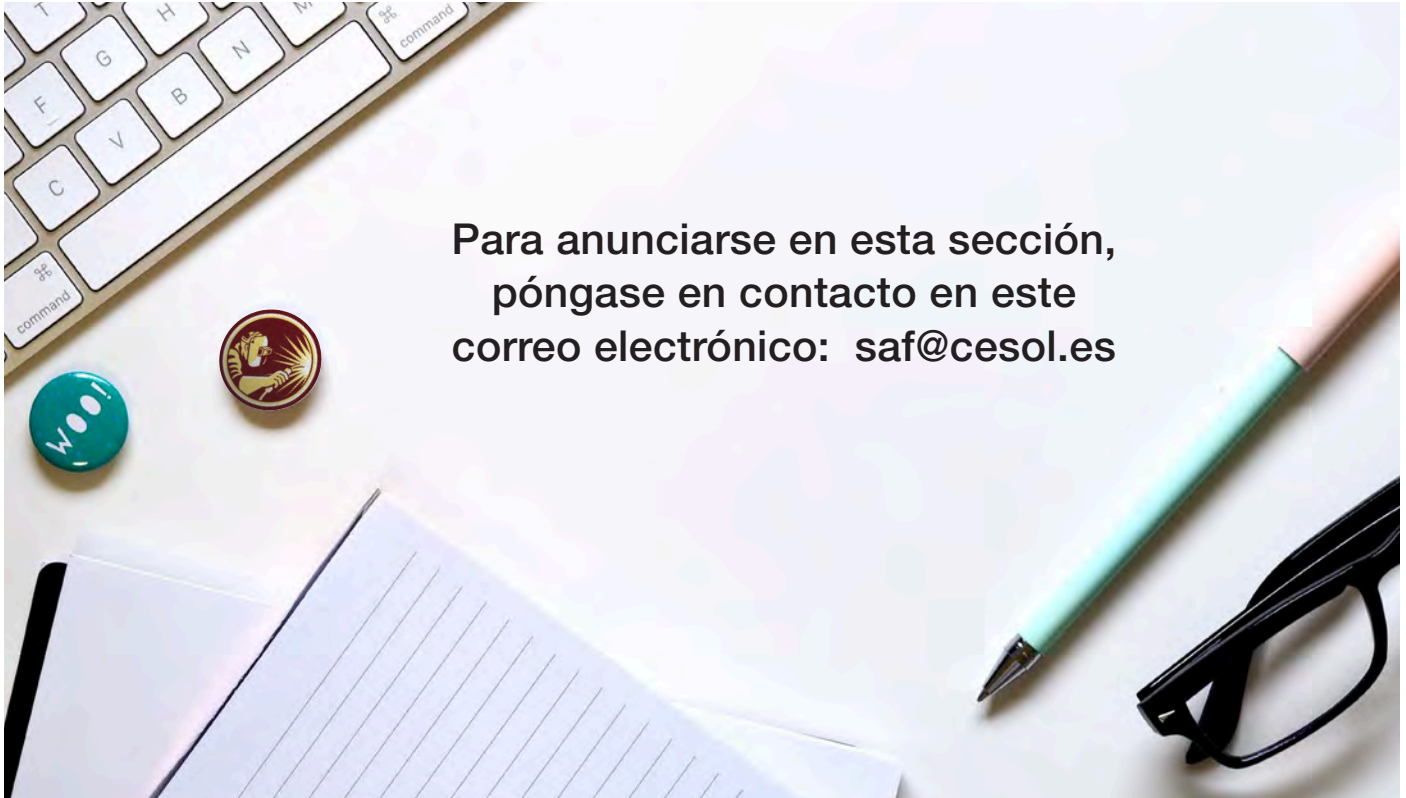
Fotografía enviada por MITSUBISHI LOGISNEXT
EUROPE SOLDADURA

Fotografía enviada por MITSUBISHI LOGISNEXT
EUROPE SOLDADURA



El objeto de esta sección es mostrar a través de imágenes todo aquello vinculado con las tecnologías de unión en los diferentes ámbitos y momentos de la producción o su resultado. Podrán enviar fotografías cualquier persona, miembro o no de la asociación, profesional o aficionado. Las fotografías enviadas para esta sección pasarán a formar parte del archivo fotográfico de SAF, editor de la revista SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN, y serán susceptibles de publicación en la misma, en la sección o en portada, a potestad del editor, y siempre haciendo mención al autor. La publicación, en sección o en portada, no dará derecho a ninguna remuneración. Los participantes en esta sección responderán personalmente de la legítima titularidad y originalidad de la fotografía en los términos a los que se refiere el Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, garantizando, por la sola participación en esta sección dicha titularidad, así como el carácter original de la obra. El envío de fotografías para esta sección implica la aceptación de todas y cada una de las condiciones anteriores.





CONSUMIBLES DE SOLDADURA
AUTOMATISMOS
FUENTES DE CORRIENTE
LINCOLN ELECTRIC SUPROVEEDOR #1
CENTROS TÉCNICOS DE I+D+I EN TODO EL MUNDO
SOLUCIÓN GLOBAL

LINCOLN ELECTRIC IBERIA S.L.
Ctra. Laureà Miró 396-398 - 08980 S.Feliu de Llobregat (Barcelona)
Tlf. 93 685.96.00 - Fax 93 685.96.23 - Tlf. Atención Cliente 902.166.600
infoes@lincolnelectric.eu / www.lincolnelectric.es

LINCOLN ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS®

böhler welding
by voestalpine

SAF
SISTEMAS AVANZADOS DE FORMACIÓN Y FINANCIACIÓN, S.A.U.

C/ Condado de Treviño, 2, local F-31
28033 (MADRID) - Tlf. 914 758 307

¿QUIERES
DIFERENCIARTE?
CERTIFÍCATE
CON CESOL


ENAC
Entidad Nacional de Acreditación
CERTIFICACIÓN
Nº 04/C - PE004

CESOL, ÚNICA ENTIDAD ACREDITADA
EN ESPAÑA PARA LA CERTIFICACIÓN
DE SOLDADORES