

Nº 171
Año XXII - sept/dic 2023

soldadura y tecnologías de unión



revista de la Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión

ENTREVISTA A
GUILLERMO CAPILLA SÁNCHEZ
MEPAT
METALURGIA PARA
TELECOMUNICACIÓN



¿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



Nº 171

septiembre/diciembre 2023



Revista 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

Noray, Factoría de Diseño
www.norayfactoria.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



Fotografía portada: Noray Factoría de Diseño

CONTENIDO

EDITORIAL	■ PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA SOLDADURA	4
NOTICIAS	■ ASAMBLEA GENERAL Y JUNTA DIRECTIVA DE LA EWF. LISBOA 20 Y 21 DE NOVIEMBRE.	5
	■ CESOL EN METALMADRID 2023	5
ENTREVISTA	■ GUILLERMO CAPILLA SÁNCHEZ. MEPAT.	6
ARTÍCULOS TÉCNICOS	■ SOLDADURA DE ACEROS DUPLEX CON ALTO CONTENIDO EN SILICIO por J.M. Hernández y F. Colombari, ESAB IBÉRICA y ESAB SALDATURA S.P.A.	9
	■ REFRIGERACION MEDIANTE CO2 EN EL PROCEDIMIENTO WAAM por R. Derrien, J. Le Mercier, M. Garnier, P. Lefebvre, C. Bosque y X.Gostiaux. AIR LIQUIDE FRANCE, CETIM, AIR LIQUIDE ESPAÑA, VALLOUREC.	14
	■ ELECTRON BEAM WELDING OF COPPER ELECTRICAL CONDUCTORS FOR ELECTRIC VEHICLES por A. O'Farrell. CAMBRIDGE VACUUM ENGINEERING.	22
TALLER DE SOLDADURA	■ PROBLEMAS NUESTROS DE CADA DÍA Charles Vega Schmidt, Rios Supply Chain S.L.	26
INFORMACIÓN DE CESOL	■ INFORMACIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA DE CESOL.	34
	■ PROGRAMACIÓN DE CURSOS DEL AÑO 2024.	35
	■ PERSONAL DE SOLDADURA Y ADHESIVOS.	38
	■ ROMERÍA DE NUESTRA SEÑORA LA VIRGEN DE LA HERRERÍA, PATRONA DE CESOL	40
	■ NECROLÓGICA. FALLECIMIENTO DE D. MIGUEL HERRANDO PRADAS.	41
AGENDA 2023		42
PUBLICACIONES Y RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS		44
BOLSA DE EMPLEO		46
DIRECTORIO DE EMPRESAS		50

Los conceptos y opiniones expresados en cada trabajo o artículo son de la exclusiva responsabilidad del autor y no reflejan necesariamente el pensamiento de la editorial ni las conclusiones expresadas en los mismos.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA SOLDADURA

De la definición de soldadura: Un proceso de fijación en el cual se realiza la unión de dos o más piezas de un material, podemos decir que la soldadura hace mucho tiempo que existe.

En efecto, en la Edad de Bronce y en la de Hierro ya se efectuaban soldaduras.

La fragua era comúnmente usada hace 30 siglos en Grecia. Muchas tribus primitivas en diferentes continentes desarrollaron los mismos métodos básicos para derretir, modelar y tratar el hierro.

Es lógico pensar que los principios del soldeo se descubrieron, se perdieron y se redescubrieron repetidamente por los pueblos antiguos.

Nadie sabe cuándo el hombre aprendió a usar la soldadura por forja. Pocos utensilios pueden sobrevivir a la corrosión por más de cientos de años, por lo que apenas quedan evidencias de primitivos intentos de la unión por fusión de metales.

Hoy en día todavía tenemos un monumento de aquella lejana época, que se reproduce en la imagen.



Se trata del Pilar de Hierro, que se encuentra en la India, cerca de Delhi.

Fue erigido alrededor del año 310, siendo sus dimensiones de 7,2 metros de altura, su diámetro de 40 centímetros y su peso de 5 a 6 Toneladas.

Como curiosidad, es que después de más de 1700 años, apenas ha sufrido corrosión. Y es porque habían comprobado que el Fósforo



Ricardo Compte
Vocal de la junta directiva de Cesol

prácticamente inhibía la corrosión. Ahora se sabe que es porque forma un compuesto insoluble y resistente a la corrosión, fosfato de hidrógeno y hierro. Para ello, en la fabricación del Pilar, añadieron grandes cantidades de la corteza de una planta muy rica en fósforo.

En la Edad Media (siglos V a XV) la soldadura por forja continúa desarrollándose alcanzando sus operarios una gran habilidad. En 1540 se publicó lo que podríamos llamar el primer Manual de las Operaciones de Forja.

Hasta el siglo XIX, no ocurrió la gran transformación de la soldadura.

- 1801:** Descubrimiento del Arco eléctrico (Sir Humphrey Davy).
- 1836:** Descubrimiento del Acetileno (Edmund Davy).
- 1881:** Descubrimiento del Arco voltaico usando electrodo de Carbono (Auguste de Meritens).
- 1885:** Soldadura por Resistencia (Elihu Thomson; primeras patentes).
- 1889:** Proceso por Arco Metálico sustituyendo el electrodo de Carbono (N.G. Slavianoff y Charles Coffin).
- 1893:** Soldadura de Termita.
- 1907:** Electrodo ligeramente revestido (Oscar Kjellborg obtiene la patente).
- 1912:** Electrodo revestimiento grueso (Strohenger obtiene la patente).
- 1919:** Soldadura por Corriente Alterna (C.J. Holslag).
- 1927:** Desarrollo del proceso de extrusión para aplicar un revestimiento a la varilla metálica.

El primer ímpetu al aumento del empleo de la soldadura ocurrió durante la Primera Guerra Mundial por la repentina necesidad de barcos de transporte en gran cantidad. Desde 1929 el crecimiento del soldeo

por arco fue muy rápido debido a su implementación en diversas industrias.

Los gases de protección facilitaron e impulsaron la soldadura por alambre continuo, hilos tubulares autoprottegidos o con gas externo, arco sumergido, etc., y el soldeo de diferentes metales.

Todos los descubrimientos pasaron por un periodo de aceptación por parte de la industria hasta que no se desarrollara la maquinaria adecuada (inversión, productividad, beneficios) y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Actualmente la aplicación de la electrónica y digitalización en la maquinaria –inverter, plasma, laser, haz de electrones –ha posibilitado la aplicación de la soldadura en casi todas las industrias.

Como es evidente, la soldadura presenta actualmente un estado muy satisfactorio en todos los ámbitos industriales y con un desarrollo tecnológico muy rápido.

Últimamente se ha introducido en la industria la Soldadura por Adhesivos que está teniendo un gran auge. Y la más reciente es la Fabricación Aditiva.

Desde su fundación, CESOL está en primera línea en todos los procesos de soldadura existentes y en sus innovaciones, gracias a su activa presencia en los organismos internacionales (EWF y IIW).

Por ello, CESOL está ofreciendo los Cursos de Formación (presenciales y on-line en los que es posible) en todas las áreas incluso la reciente de Fabricación Aditiva, obteniendo los alumnos el correspondiente diploma acreditativo.

Y no olvidemos la irrupción de la Inteligencia Artificial que puede ayudar a diseñar estructuras, elección de materiales, mejores procesos soldadura, etc.

CESOL sigue todas las innovaciones por lo que CESOL necesita las empresas industriales (saber sus necesidades) y éstas necesitan CESOL (ofrecer información, servicios, asesoramiento).

Información y Conocimiento son necesarios para ser competitivos en este contexto de globalización. El FUTURO es HOY.

ASAMBLEA GENERAL Y JUNTA DIRECTIVA DE LA EWF (Lisboa 20 y 21 de noviembre)

El pasado 21 de noviembre se celebró en Lisboa una nueva Asamblea General de la Federación Europea de Soldadura. A la capital portuguesa, acudieron los representantes de las asociaciones de soldadura y tecnologías de unión de los distintos países europeos además de la Asociación angoleña como miembro observador, interesado en el sistema de Certificaciones y Cualificaciones tanto de personal como de empresas.

Como viene siendo habitual, en representación de CESOL, estuvieron presentes su Director General **D. Fernando Mañas** y su Director Técnico **D. Juan Vicente Rosell**.

El día anterior a la Asamblea General (20 noviembre), tuvo lugar la reunión de la Junta Directiva a la que acudió D. Fernando Mañas como miembro de dicha Junta. En la misma se decidió presentar para aprobación de los miembros, la suspensión de la membresía de la Russian Welding Society (miembro representante de la Federación Rusa) siguiendo la recomendación de los abogados de la EWF. Dicha recomendación viene basada en las posibles sanciones a las que la EWF se puede ver sometida ya que en estos momentos está completamente prohibido el intercambio de tecnología y servicios de Ingeniería con dicho país. Esta recomendación fue aceptada unánimemente por todos los miembros y aprobada.

Además de este, en la Asamblea General, los temas más destacados fueron, la sostenibilidad, la digitalización y la huella de carbono. Y la EWF presentó un ambicioso proyecto de creación de una plataforma digital de mercado global de profesionales y empresas para su puesta en contacto y satisfacer necesidades mutuas. Desde CESOL os iremos informando sobre esta iniciativa que puede ser de gran interés para muchos de nuestros asociados.

La próxima Asamblea General de la EWF tendrá lugar en el mes de mayo de 2024 en lugar todavía por confirmar.

CESOL en MetalMadrid 2023

Otro año más, CESOL estuvo presente en MetalMadrid, la feria líder en transformación industrial en España. El evento, que se celebró los días 15 y 16 de noviembre de 2023 en IFEMA, reunió a más de 12.000 profesionales de la industria y contó con la participación de más de 600 expositores.

CESOL aprovechó su presencia en MetalMadrid para dar a conocer su oferta formativa y su compromiso con la formación de profesionales cualificados. En su stand, el centro ofreció información sobre sus cursos de formación en las áreas de fabricación aditiva, soldadura, adhesivos y otras tecnologías de unión.



Este año como novedad, CESOL ha contado también con la participación de los estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid pertenecientes al equipo de competición UPM Motostudent con el que CESOL colabora. El equipo ha traído al stand una moto eléctrica que ha permanecido los dos días que dura el evento a modo de exposición.

La presencia de CESOL en MetalMadrid fue un éxito. La empresa pudo dar a conocer su oferta formativa a un gran número de profesionales e incluso a futuros talentos y establecer contactos con potenciales clientes.

GUILLERMO CAPILLA SÁNCHEZ

INGENIERO EUROPEO DE
SOLDADURA (IWE),
COORDINADOR DE
SOLDADURA

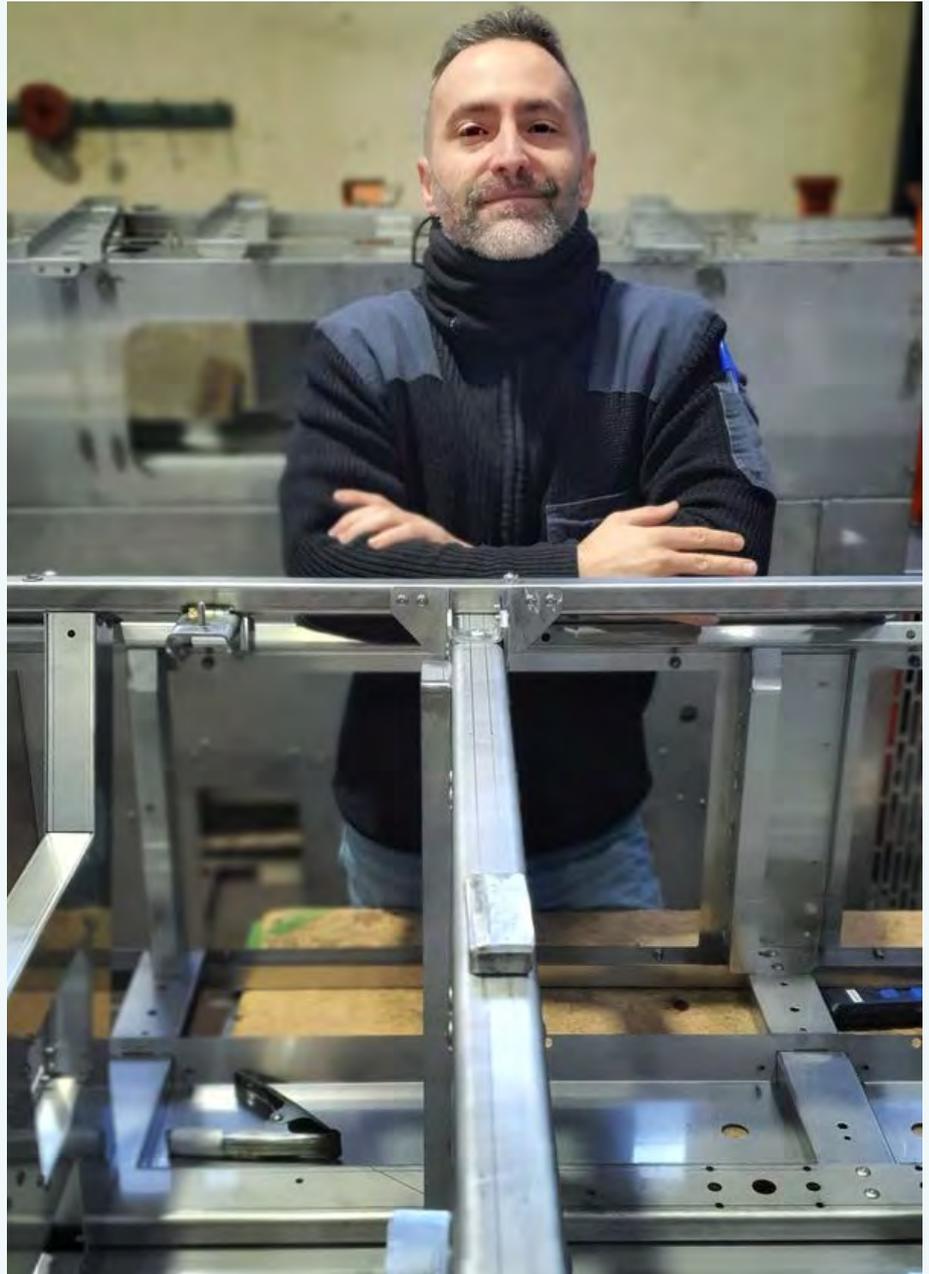
Mepat fue creada en 1981, ¿cómo ha evolucionado en estos años?

MEPAT ha sabido adaptarse siempre a los cambios del mercado, aplicando su conocimiento y la experiencia acumulada en la transformación de la chapa y en la soldadura para ofrecer soluciones innovadoras y personalizadas que cubran las demandas del mercado buscando siempre ofrecer un producto de gran calidad a un precio competitivo.

En la década de los 80, el sector principal era el de las telecomunicaciones, donde fabricábamos pupitres y racks para centrales de telefonía, consolas para operadores de vuelo, carcasas para teleindicadores, antenas de radar, y todo tipo de productos metálicos para sistemas de telecomunicación y equipos de alta tecnología.

Una década después y con el auge de la telefonía móvil, nos adaptamos a este mercado produciendo también armarios metálicos para esta industria. Sin embargo, la electrónica evolucionaba de manera muy rápida, y con el salto de lo analógico a lo digital, los sistemas y los equipos eran cada vez más pequeños, hasta que nuestros chasis metálicos dejaron de ser necesarios. Fue entonces cuando comenzaron a tomar relevancia otros sectores como el del transporte y la electromedicina.

En los últimos años, y aunque siempre habíamos trabajado en estos sectores, nos hemos especializado en el ferroviario, electromedicina y HVAC, trabajando actualmente para



importantes compañías de estos sectores.

¿En qué se basa vuestro éxito que hace que llevéis más de 40 años ofreciendo vuestros productos y servicios en el mercado español?

Somos conscientes de que el sector de la transformación de productos metálicos es muy competitivo y dinámico, y que requiere de una actualización permanente. Por eso, invertimos de forma continua en la mejora de nuestras instalaciones, en la adquisición de nueva maquinaria y en la formación de nuestro personal. De esta manera, podemos ofrecer productos de vanguardia, con la máxima calidad y eficiencia.

Por otra parte, nos esforzamos por ofrecer productos metálicos de alta calidad, que cumplan con los estándares más exigentes y que se adapten a las necesidades específicas de cada proyecto. Contamos con un equipo de profesionales cualificados y con una maquinaria moderna y eficiente, que nos permite optimizar los procesos de producción y garantizar la seguridad y la durabilidad de nuestros productos.

Además, contamos con una trayectoria de más de 40 años en el mercado español, lo que nos ha permitido acumular un amplio conocimiento sobre los productos metálicos, sus características, sus aplicaciones y sus demandas. Esta experiencia nos ha dado una ventaja competitiva frente a otras



empresas del sector, y nos ha ayudado a consolidar nuestra reputación y nuestra confianza con los clientes.

Gracias a una gestión prudente y responsable, hemos logrado mantener una buena salud financiera a lo largo de los años, lo que nos ha permitido afrontar los retos y las oportunidades que se han presentado. Hemos sabido diversificar nuestros productos y servicios, controlar nuestros costes, optimizar nuestros recursos y generar beneficios. Así, hemos podido garantizar la sostenibilidad y el crecimiento de nuestra empresa.

Nuestra razón de ser son nuestros clientes, y por eso nos esforzamos por ofrecerles un servicio excelente, que supere sus expectativas. Nos preocupamos por conocer sus necesidades, sus preferencias y sus opiniones, y por adaptarnos a ellas. Les ofrecemos un trato personalizado, cercano y profesional, y les brindamos un asesoramiento técnico y un soporte postventa. Nuestro objetivo es lograr su fidelidad y su recomendación.

¿A qué sectores pertenecen vuestros principales clientes?

Nuestros principales clientes actuales pertenecen al sector ferroviario y la electromedicina, que son dos ámbitos que requieren de productos me-

tálicos de alta precisión, resistencia, seguridad y calidad. Hemos trabajado con empresas líderes en estos sectores, ofreciéndoles soluciones a medida para sus proyectos.

Sin embargo, somos conscientes de que el mercado es cambiante y competitivo, y que debemos diversificar nuestro catálogo de clientes para asegurar nuestra viabilidad y crecimiento. Por eso, estamos explorando nuevas oportunidades en otros sectores que también demandan productos metálicos.

Estamos invirtiendo en investigación y desarrollo, en maquinaria de última generación y en formación de nuestro personal, para poder ofrecer productos innovadores y adaptados a las necesidades de estos nuevos sectores.

Nuestro objetivo es ampliar nuestra presencia en el mercado nacional e internacional, y consolidarnos como una empresa de referencia en el sector de los productos metálicos.

En referencia a los servicios de soldadura que ofertáis ¿cuáles podríais destacar?

Nuestra empresa se dedica a la soldadura de diferentes tipos de metales, como el acero al carbono, el acero inoxidable, el aluminio, etc. Tenemos experiencia en soldar todo tipo de es-

tructuras metálicas, desde piezas pequeñas hasta grandes bastidores que ocupan varios metros.

Disponemos de la maquinaria y los equipos necesarios para realizar soldaduras de alta calidad, ajustadas a las especificaciones de cada proyecto. Utilizamos diferentes técnicas de soldadura, como el MAG/MIG, el TIG o la soldadura por puntos y por descarga de condensadores.

Estos son algunos de los servicios de soldadura que podemos destacar, pero no son los únicos ya que contamos con un gran equipo profesional y podemos ofrecer soluciones a medida para cualquier tipo de soldadura que requiera nuestro cliente, garantizando la calidad, la seguridad y la eficiencia en todos nuestros trabajos.

¿Dispone Mepat de alguna certificación con la que garantizar la calidad al cliente?

Nuestra empresa se distingue por su compromiso con la calidad y la satisfacción de nuestros clientes. En 1998 obtuvimos el certificado ISO 9001, otorgado por la prestigiosa entidad LRQA, que acredita la excelencia de nuestros procesos productivos. Esta certificación no fue un mero requisito formal, sino el resultado de una decisión estratégica de integrar un sistema de gestión de calidad que garan-



tizar la fiabilidad y el rendimiento de nuestros productos. Por ello, hoy en día, contamos con una cultura de calidad consolidada y arraigada en todos los niveles de nuestra organización.

Además, contamos con la certificación CL1 en la norma EN-15085-2 desde el año 2013, que acredita nuestra capacidad para soldar componentes ferroviarios. Así, podemos ofrecer soluciones de alta calidad y competitividad para este sector.

¿Qué os diferencia de vuestros competidores?

Nuestra ventaja competitiva se sustenta en la solidez de nuestro modelo de negocio, que se fundamenta en una visión a largo plazo, una gestión eficiente y una búsqueda continua de la innovación.

Nos ponemos en el lugar de nuestros clientes, entendiendo sus necesidades y preferencias, y les brindamos soluciones a medida y un trato cercano y profesional.

Somos transparentes y honestos en nuestra forma de comunicarnos, tanto con nuestro equipo como con nuestros grupos de interés, y actuamos con responsabilidad y respeto a los principios éticos y normativos.

Nuestra calidad se manifiesta en la excelencia de nuestros productos y servicios, que satisfacen y superan las necesidades de nuestros clientes y nos consolidan como referentes en el sector.

Estos son los motivos por los que nos escogerían por encima de nuestra competencia.

¿Con que medios técnicos y humanos cuenta Mepat para desarrollar su trabajo?

Nuestra empresa dispone de los medios técnicos más avanzados y adecuados para cada proyecto, como corte por láser de última generación, plegadoras y equipos de soldadura de marcas prestigiosas, equipos informáticos, software especializado, maquinaria, herramientas, etc. Todo ello nos permite ofrecer un servicio profesional y competitivo a nuestros clientes.

Asimismo, MEPAT cuenta con un equipo humano altamente especializado. Nuestros técnicos e ingenieros de soldadura, así como soldadores cualificados, se han formado y capacitado para desarrollar su trabajo con eficiencia y calidad. Además, se ha promovido el trabajo fijo y la mayoría de nuestros empleados tienen una

larga trayectoria en la empresa, lo que les ha permitido adquirir una amplia experiencia y dominar sus funciones.

¿Qué objetivos os marcáis a medio plazo?

Queremos expandir nuestra presencia en sectores en crecimiento que requieran nuestros servicios, tales como el de las energías renovables, aeroespacial, salud, defensa, entre otros.

Para lograrlo, realizaremos análisis de mercado, forjaremos alianzas estratégicas y personalizaremos nuestra oferta según las demandas de cada sector.

Asimismo, vamos a incorporar nuevos servicios que generen valor añadido a nuestros clientes y para ello, contaremos con profesionales cualificados, innovadores y comprometidos con la calidad y la satisfacción del cliente.

Paralelamente, impulsaremos la transformación digital para adaptarnos a la industria 4.0. Para ello, aplicaremos soluciones tecnológicas que optimicen nuestra productividad, eficiencia y competitividad, como la inteligencia artificial, el internet de las cosas, etc.

SOLDADURA DE ACEROS DUPLEX CON ALTO CONTENIDO EN SILICIO

J.M. Hernández¹ y F. Colombari², ¹ESAB IBÉRICA y ²ESAB SALDATURA S.P.A.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidable tipo dúplex con estructura austenito-ferrítica, son cada vez más utilizados en la industria petroquímica, plataformas petrolíferas, intercambiadores de calor, y muchas otras aplicaciones en las que resultan económicamente ventajosos sobre otros tipos de aceros o aleaciones.

Este notable crecimiento se produce debido a sus excepcionales características mecánicas combinadas con una elevada resistencia a la corrosión, convirtiéndolos en una opción muy interesante durante la etapa de diseño del equipo.

El interés cada vez más elevado de los diseñadores fuerza el desarrollo de nuevas tecnologías para la soldadura, no sólo en el área de los equipos, también en los materiales de aporte.

Uno de los problemas más habituales que encuentran los soldadores al emplear aceros dúplex es su baja mojabilidad, en comparación con otros tipos de materiales más usuales. Para poder responder a esta exigencia, se han desarrollado nuevos consumibles con mojabilidad mejorada sin pérdida de las características típicas de los aceros dúplex; elevada resistencia a la corrosión y excepcionales características mecánicas.

Los fabricantes de consumibles más avanzados han desarrollado versiones de ER2209 que mejoran su facilidad de uso en soldadura GMAW, produciendo coladas

específicas con mayor contenido en silicio para facilitar la soldadura mediante el mencionado procedimiento.

2. DUPLEX ER2209 ALTO EN SILICIO

Al aumentar el contenido en silicio en los aceros inoxidable austeníticos más utilizados, como ER308LSi y ER316LSi, obtenemos una mayor estabilidad de arco, y mejor penetración en comparación con ER308L y ER316L.

Con las versiones más modernas de ER2209, que contienen 0.8% de silicio, conseguimos mejorar la penetración y un arco más estable, mientras reducimos las proyecciones y conservamos inalteradas sus características mecánicas y resistencia a la corrosión, respecto a las hasta ahora versiones más habituales con 0.4-0.5% de silicio.

Esta ventaja no solo es aprovechable en el soldeo con semiautomática, también los procesos automáticos de alta productividad se benefician de la mejor mojabilidad de las aleaciones con alto contenido en silicio.

Si comparamos la dos versiones de ER2209 que comercializa ESAB bajo la marca Exaton, podemos ver que la única diferencia en la composición química es el contenido en silicio.

La diferencia es similar a la establece AWS SFA5.9 para inoxidable austeníticos en sus versiones altas en silicio. El resultado obtenido es parecido mejorando la fluidez del metal fundido y con ello reduciendo el riesgo de problemas

AWS/SFA5.9; ER2209

P	Mn	Mo	C	S	Si	Ni	N	Cr
<0.03 %	0.5-2.0 %	2.5-3.5 %	<0.03 %	<0.02 %	<0.90 %	7.5-9.5 %	0.08-0.20 %	21.5-23.5 %

EXATON 22.8.3.LSi

P	Mn	Mo	C	S	Si	Ni	N	Cr
<=0.025 %	1.6 %	3.2 %	<=0.020 %	<=0.015 %	0.8 %	9%	0.16 %	23%

EXATON 22.8.3.L

P	Mn	Mo	C	S	Si	Ni	N	Cr
<=0.020 %	1.6 %	3.2 %	<=0.020 %	<=0.015 %	0.5 %	9%	0.16 %	23%

Tabla 1. Comparación de la composición química de ER2209 y aleaciones comerciales.

SFA/AWS A5.9

	%Si
ER308L	0.30-0.65
ER308LSi	0.65-1.00
ER316L	0.30-0.65
ER316LSi	0.65-1.00
ER309L	0.30-0.65
ER309LSi	0.65-1.00
ER2209	max 0.9

Tabla 2. Contenido en Si en los aceros inoxidable austeníticos más habituales.

relacionados con la falta de penetración, a la vez que facilita el trabajo del soldador, y por la tanto, su productividad.

3. CONSIDERACIONES METALÚRGICAS

Mientras que para los aceros inoxidable austeníticos habituales, la opción alta en silicio es bien conocida, y carece de obstáculos relevantes, en los aceros dúplex dada su mayor complejidad metalúrgica este camino no es tan claro, y merece la pena evaluarlo.

Para estimar el efecto del incremento en silicio en las fases constituyentes del material de aporte en equilibrio, hemos obtenido los balances termodinámicos de las figuras 1, 2 y 3 con contenido en Si de 0,4% (estándar), 0,8% (alto en Si) y 1,2% (como referencia para ver la tendencia)

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-0.4Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

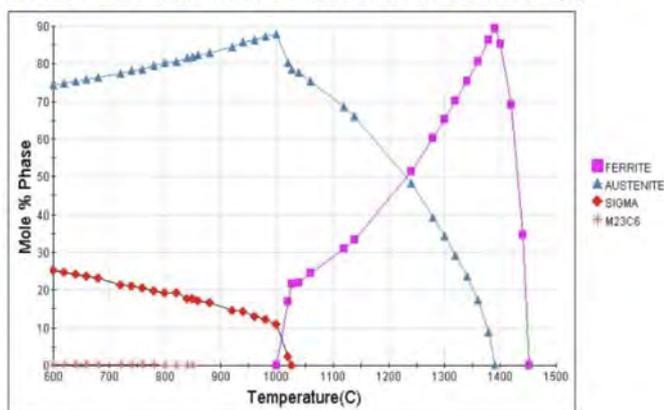


Figura 1. Diagrama de fases en equilibrio Duplex estándar

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-0.8Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

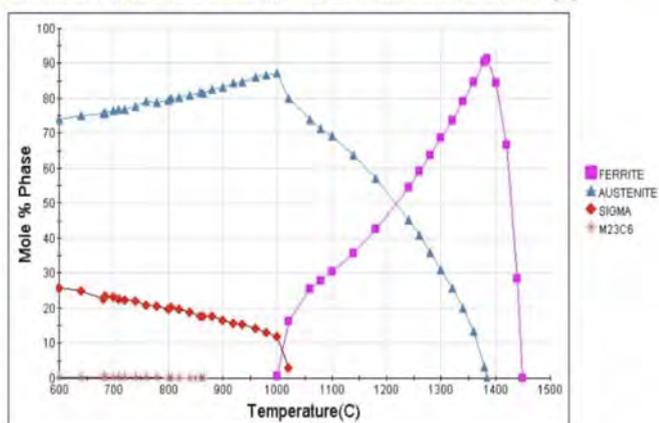


Figura 2. Diagrama de fases en equilibrio Duplex alto en Silicio Exaton 22.8.3LSi

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se observa, que no hay variación apreciable en la proporción de fase sigma al variar el contenido en Si de 0,4% a 0,8%. En valores superiores a Si>1,1% la fase sigma aparece en el mismo rango de temperatura en una proporción ligeramente superior en equilibrio.

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-1.2Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

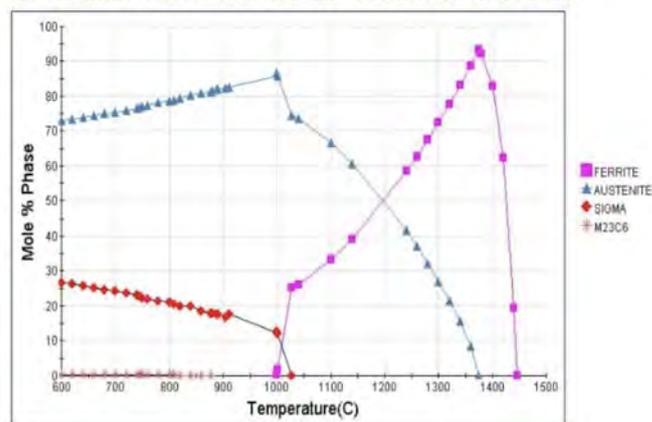


Figura 3. Diagrama de fases en equilibrio Duplex Si>1,2%

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-0.1Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

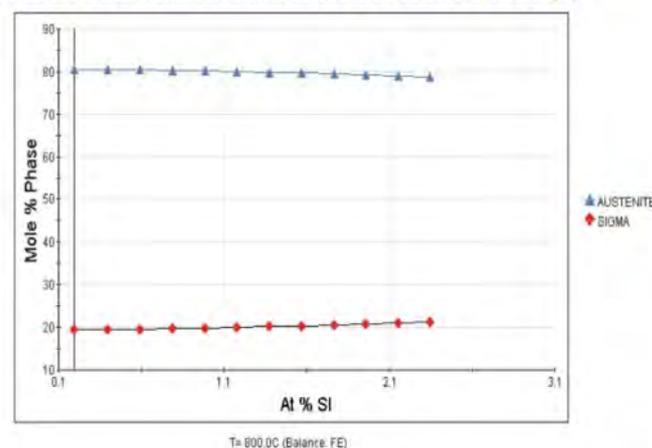


Figura 4. Fase sigma en equilibrio a 800°C al variar el contenido en Silicio

Desde el punto de vista de limpieza del baño de soldadura, el incremento en el contenido en silicio aumenta la estabilidad de los compuestos de fósforo, y aumenta la cantidad de los compuestos de azufre en solución en la fase líquida, permitiendo una mayor solubilidad en la fase ferrítica [1].

En las figuras 5, 6 y 7 se aprecian los campos de estabilidad de los compuestos de S y P en función de la proporción de silicio.

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-0.4Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

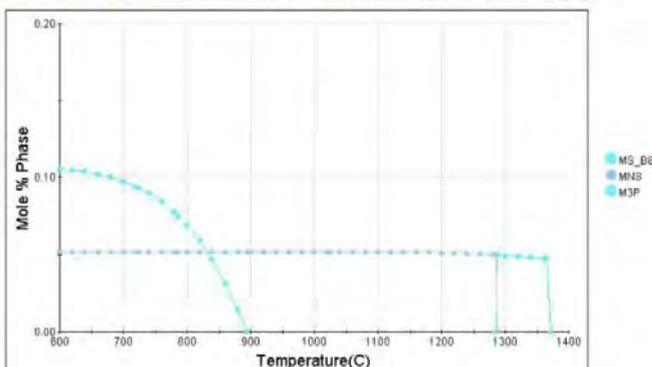


Figura 5. Estabilidad de los compuestos de P y S (Si=0,4%)

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-0.8Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

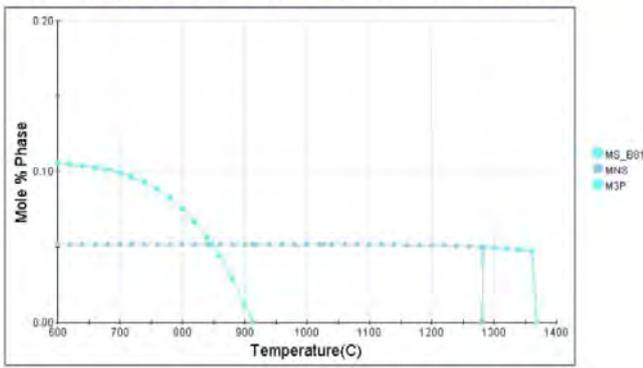


Figura 6. Estabilidad de los compuestos de P y S (Si=0,8%)

Fe-23.0Cr-1.6Mn-3.2Mo-9.0Ni-1.2Si-0.012C-0.16N-0.015P-0.015S wt(%)

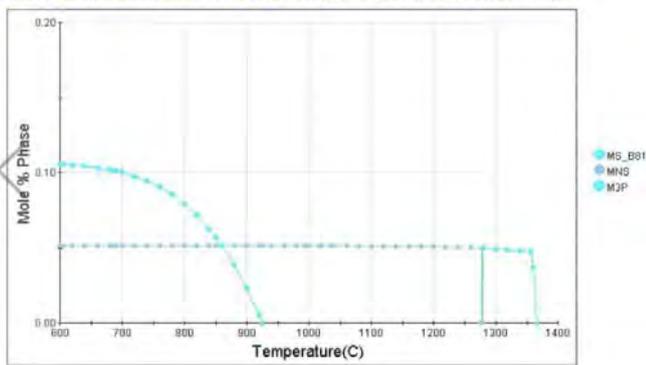


Figura 7. Estabilidad de los compuestos de P y S (Si=1,2%)

El efecto más claro se produce en la estabilidad de los compuestos de fósforo que aumentan su estabilidad por encima de los 900°C.

4. PROCESO DE SOLDADURA PAW+TIG

Con el fin de evaluar los resultados de la soldadura, se ha elegido un proceso con un compromiso entre la productividad del proceso PAW, y la calidad de las uniones TIG.

Se trata de un proceso especialmente indicado para aceros dúplex, puesto que permite una soldadura limpia, con baja contaminación, que para este tipo de material sometido a condiciones severas, tanto de corrosión como mecánicas, resulta indispensable.

JOINTS (QW-402)

Joint design: BUTT JOINT - Combust of Squi Vee & Squi Square Groove Weld

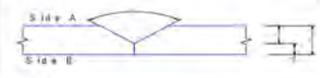
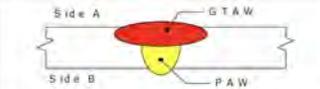
Backing: Yes Retainers: No

Material (Type): Weld Metal

Prep.Method: Grinding & Machining

Others: BACKING Weld Metal for GTAW
Root spacing: see sketch

Joint No.: (15101Abk) Parameter values: A=75° ± 3° Q=6 ± 1 mm
Root opening equals 0±0,5 mm T=9,0±10,0 mm

BASE METALS (QW-403)

BM1 P.No.: 10H Group No.: 1 Spec./Grade -UNS: SA-240, Grade S31801
Analytic: N.A.

BM2 P.No.: 10H Group No.: 1 Spec./Grade -UNS: SA-240, Grade S31803
Analytic: N.A.

Others: Maximum Pass Thickness <= 1/2in. (13mm) - QW-403.0 N.A. QW-403.13 N.A.

Figura 8. Extracto WPS

La prueba se ha realizado con los parámetros utilizados habitualmente en producción, sin modificar aporte térmico, parámetros eléctricos o el gas de protección.

Mención especial merece el gas de protección durante el proceso de soldadura, que puede influir en la estabilización de la fase austenítica en el caso de que se incorpore nitrógeno a la mezcla. Con la intención de evaluar el efecto del aumento del contenido en Si e la soldadura hemos optado por no variar los gases empleados en el proceso habitual.

Process name/type	1st	2nd
	PAW (machine)	GTAW (machine)
GAS (QW-408)		
Shielding Gas: Type(s)/Mixture %	Ar 99,999%	Ar 99,999%
Flow Rate (lt/1')	18÷22	18÷22
Backing Gas: Type(s)/Mixture %	N2 100%	N2 100%
Flow Rate (lt/1')	38÷42	38÷42
Trailing Gas: Type(s)/Mixture %	Ar 99,999%	Ar 99,999%
Flow Rate (lt/1')	28÷32	18÷22
Orifice Gas: Type(s)/Mixture %	Ar 99,999%	None

Figura 9. WPS gases

Los parámetros eléctricos y de proceso, tanto en la fase PAW como en la TIG están enfocados en una productividad elevada. La geometría de la unión no es complicada. La posición de soldadura es 1G/PA.

Step	Weld Pass(es)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Wire speed Range (cm/1')	Energy or Power	Travel speed (cm/1')	Heat Input kJ/cm
			Class	Diam	Type Polar	Amp Range					
A	1	1st PAW (machine)	ER2209	1,0	DC - EN	240 240	26 29	NA NA	NA NA	14 18	NA 39,81
A	2	2nd GTAW (machine)	ER2209	1,6	DC - EN	250 280	14 17	NA NA	NA NA	14 16	NA 30,00

Figura 10. Extracto WPS

5. ENSAYOS

Con el fin de evaluar el efecto del aumento del contenido en silicio en sobre la características físico-químicas de la soldadura realizada con el proceso PAW+TIG descrito previamente, se han realizado dos probetas variando exclusivamente la composición química del material de aporte.

Como material estándar se ha utilizado Exaton 22.8.3L (STD) y como material alto en Silicio Exaton 22.8.3LSi, (LSI) ambos fabricados por ESAB.

Las dos aleaciones empleadas cumplen con la clasificación AWS A5.9 ER2209 por lo no es necesario modificar el WPS ya aprobado.

5.1 PROBETAS METALGRÁFICAS

Sobre cada uno de las muestras se han realizado probetas metalográficas para observar la estructura de la soldadura y la presencia de posibles fases secundarias.

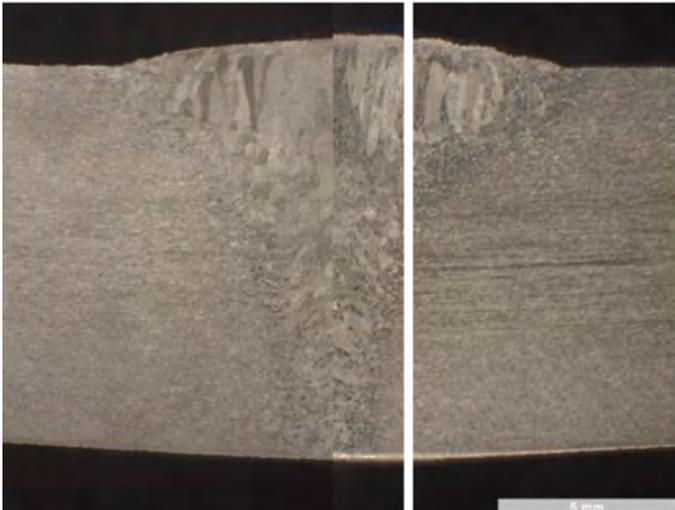


Figura 11. Macro de la soldadura. Izq Exaton 22.8.3LSi Drch. Exaton 22.8.3L

Del análisis del macro se aprecia una gran uniformidad en la zona afectada térmicamente, como era de esperar ya que los parámetros del proceso fueron los mismos en ambos ensayos. La estructura del material de aporte es muy similar, con una ligera mayor resolución en la soldadura del consumible alto en silicio.

La comparación micro entre las soldaduras confirma la observación macrográfica; gran similitud entre las dos estructuras de solidificación.

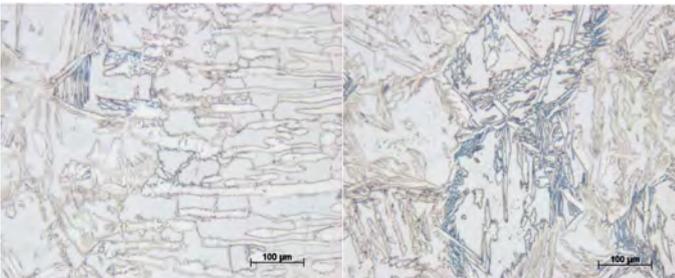


Figura 12. Micro de la soldadura Exaton 22.8.3LSi. Izq ZAT Drch ZF

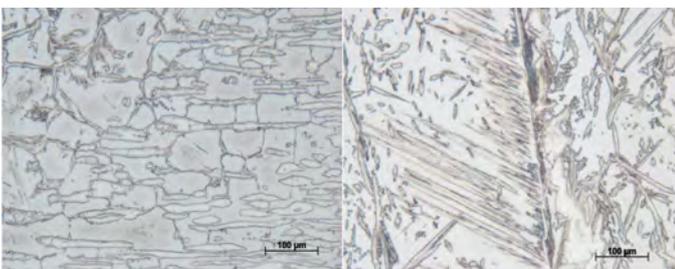


Figura 13. Micro de la soldadura Exaton 22.8.3LSi. Izq ZAT Drch ZF

El análisis de la estructura metalográfica, tanto de la zona fundida como de la zona afectada térmicamente, evidencia una estructura totalmente conforme con ausencia de fases indeseables.

5.2. ENSAYOS MECÁNICOS

Como complemento al análisis metalográfico, se han realizado ensayos de resiliencia. No se ha llevado a cabo ningún tratamiento térmico post soldadura sobre los especímenes a ensayar.

El resultado de la prueba de impacto en aceros dúplex es un indicador relevante de la ausencia de fases intermetálicas y precipitados. El ensayo se ha realizado a -46°C para poder evidenciar mejor posibles diferencias.

En este caso, como en las probetas metalográficas, no se aprecia diferencias significativas entre los dos consumibles.

SAMPLE	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Zona	T1 (J)	T2 (J)	T3 (J)	MEDIA (J)	LE1 (mm)	LE2 (mm)	LE3 (mm)	ESITO
LSi	-46	WLD	211	207	211	211	2,56	2,45	2,48	OK
Std	-46	WLD	219	227	219	221	2,43	2,38	2,27	OK

Figura 14. Resultado del ensayo de resiliencia a -46°C

5.1 PRUEBAS DE CORROSIÓN

Una de las características particulares de los aceros dúplex es seguramente su elevada resistencia a la corrosión. Por este motivo las especificaciones de cliente y las normas internacionales, requieren la realización de ensayos de corrosión sobre las soldaduras. Entre los ensayos más utilizados están G48/A923.

Para evaluar la eficacia el proceso de soldadura con el consumible modificado alto en Silicio, se ha evaluado la unión según ASTM G48 Met A y ASTM A923 Met C, que permiten discernir de forma selectiva la presencia de fases no deseadas a través de la menor resistencia a la corrosión que provocan.

Material	Ensayo	Tratamiento	Duración	Temperatura	Resultado
Exaton 22.8.3LSi	G48 A	as welded	24h	25 $^{\circ}\text{C}$	OK
Exaton 22.8.3L	G48 A	as welded	24h	25 $^{\circ}\text{C}$	OK
Exaton 22.8.3LSi	A923 C	as welded	24h	25 $^{\circ}\text{C}$	OK
Exaton 22.8.3L	A923 C	as welded	24h	25 $^{\circ}\text{C}$	OK

Tabla 3. Resultado ensayos de corrosión.

Los resultados de la tabla III confirman que las soldaduras realizadas con ambos materiales superan el ensayo de corrosión.

CONCLUSIONES

El aumento en contenido en silicio en aceros inoxidable permite mejorar la fluidez del baño de soldadura, con lo que se obtienen mejoras en calidad y productividad en procesos con velocidad de aporte alta. El dúplex ER2209 alto en Silicio lleva a la gama dúplex estas mejoras ya conocidas.

La variación en contenido en Silicio de 0,5% a 0,8% en Exaton 22.8.3LSi cumple con los requisitos de AWS SFA 5.9.

Los cálculos de la composición de las fases en equilibrio descartan que puedan aparecer fases intermetálicas indeseables en distinta proporción. El aumento en Si mejora la limpieza del baño de soldadura favoreciendo la dilución de las impurezas de S y P en la fase ferrítica.

Los ensayos realizados no detectan ningún tipo de fase indeseable.

Las probetas metalográficas presenta una estructura equivalente entre los dos consumibles.

La resiliencia a -46°C no evidencia diferencias, siendo la resiliencia uno de los indicadores más relevantes de la presencia de fases intermetálicas.

Ambas muestras aprueban los ensayos de corrosión realizados.

Los procesos de soldadura con velocidad de aporte alta pueden beneficiarse de las ventajas en productividad y calidad que ofrece el pequeño aumento en el contenido en Silicio en ER2209, sin que las características mecánicas o resistencia a la corrosión sean afectadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. [1] Ellectro Slag Remelting effect on high duty properties of superduplex stainless steel.F.Colombari, M.Farinet: interantional conference Duplex 2007
2. [2] Il processo plasma TIG per la saldatura di tubi: esperienze e caratterizzazione con filler Exaton 22.8.3.ISi.Fabio Colombari ESAB Milano Laura Fontanella Rivit Vicenza Memoria Giornate Nazionale di Saldatura Genova 2019

PRÓXIMA ESTACIÓN: EN 15085

CESOL te ayuda:

- **Certificación**
- **Asistencia técnica**
- **Formación de Coordinadores de Soldeo**



REFRIGERACION MEDIANTE CO₂ EN EL PROCEDIMIENTO WAAM

R. Derrien¹, J. Le Mercier², M. Garnier², P. Lefebvre¹, C. Bosque³ y X. Gostiaux⁴
¹AIR LIQUIDE FRANCE, ²CETIM ³AIR LIQUIDE ESPAÑA, ⁴VALLOUREC

RESUMEN

La gestión del ciclo térmico de una pieza realizada mediante fabricación aditiva metálica (AM) es crucial para tener éxito a la hora de obtener una pieza funcional que cumpla con todos los requisitos buscados y además conseguir una competitividad productiva. Añadir un sistema de refrigeración al proceso de fabricación puede ser una manera de controlar y optimizar el ciclo térmico de la pieza. Durante este estudio, se han realizado diferentes test para evaluar la eficiencia de la adición de un sistema de refrigeración durante la fabricación de una pieza mediante WAAM. Los resultados muestran que el uso de patines que proyectan gas con alta conductividad térmica para cambiar la atmósfera que envuelve la zona de trabajo para ayudar a la disipación de calor no ofrece resultados satisfactorios. Por otro lado, el uso de un tubo Vortex o sistemas de refrigeración criogénicos ofrecen interesantes resultados, consiguiéndose evidentes mejorías en la productividad del proceso.

INTRODUCCION Y CONTEXTO

Las ventajas del proceso WAAM son numerosas (fabricación aditiva de piezas de gran tamaño y coste del proceso, válido para reparaciones y adición de partes, etc.), su alta tasa de deposición (hasta 10 kg/h) puede hacer que se diferencie frente a otros procesos de fabricación AM metálicos [1]. No obstante, la alta tasa de deposición conlleva una gran cantidad de energía lo que supone un elevado input térmico durante la fabricación de la pieza. Para la tecnología WAAM se hace indispensable una estrategia de control térmico para evitar la acumulación de calor, y poder controlar la calidad de la pieza y optimizar el proceso.

Sin control térmico, puede haber complicaciones en el proceso (colapso del baño, oxidación excesiva) [2], desviaciones morfológicas (distorsiones generados por el stress térmico) [2,3,4] y problemas microestructurales (ej. Microestructuras con grandes granos columnares) [1], que perjudican la integridad final de la pieza fabricada.

Se han realizado muchas investigaciones sobre el control térmico para WAAM con diferentes enfoques, cada una de las cuales con sus ventajas y limitaciones.

La introducción de un tiempo de espera para controlar la temperatura entre capas muestra ser eficiente desde el punto de vista de integridad [5,6,7]. La mayor desventaja de esta solución es la limitación de la productividad. La misma problemática se tiene cuando se intenta reducir el input térmico mediante el ajuste de los parámetros de proceso.

La adición de un sistema de refrigeración para reducir el tiempo de espera entre capas e incrementar la productividad global del proceso resulta especialmente interesante. En función de la eficiencia del sistema de refrigeración, podrían llegar a evitarse paradas entre las diferentes capas, siendo el caso ideal la fabricación de la pieza en un único ciclo. Con esto se evitarían todos los defectos relacionados con los arranques y paradas del proceso a lo largo del ciclo de la pieza.

Se han desarrollado sistemas innovadores de refrigeración como refrigeración termoeléctrica [10] o "near inmersión active cooling" (NIAC) donde la preforma se introduce en un tanque de trabajo que se llena con agua, cuyo nivel se va incrementando conforme se depositan las capas [11]. Ambos sistemas presentan resultados interesantes desde el punto de vista de productividad y morfología de la pieza, pero el tamaño y la geometría de las piezas que se pueden fabricar es muy limitado.

Otros estudios de sistemas de refrigeración para WAAM se han hecho usando gas o fluidos criogénicos. El uso de N₂+5%H₂ [12] como gas de refrigeración entre capas muestra buenos resultados en términos de productividad y morfología de la pieza. Se han realizado test de refrigeración con LN₂ y LCO₂ con los que se ha conseguido evitar el crecimiento de granos columnares, y por lo tanto una mejora de las propiedades mecánicas en adición al incremento de productividad [13,14].

En el marco de un proyecto WAAM del consorcio "Additive Factory Hub" (AFH), se ha evaluado la eficiencia de diferentes sistemas de refrigeración. El objetivo del consorcio AFH es integrar, desarrollar e innovar en el campo de las tecnologías de fabricación aditiva, integrando conocimientos y recursos avanzados en un solo lugar. Sus misiones son la investigación, la divulgación y la formación al servicio de las empresas colaboradoras y el ecosistema industrial francés.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN ESTUDIADOS

Para este proyecto se han seleccionado y estudiado 3 sistemas de refrigeración diferentes:

- Escudo de protección de gas
- Tubo Vortex
- Refrigeración mediante LC02

ESCUDOS DE PROTECCIÓN DE GAS

Estos sistemas de protección de gas son bien conocidos en el campo de la soldadura por arco para prevenir la oxidación de las zonas adyacentes a la soldadura, creando una atmósfera inerte alrededor de la zona que acaba de ser soldada. Para este caso hay que inyectar a baja velocidad y temperatura ambiente un gas que tenga conductividad térmica mayor que la de la atmósfera, para mejorar así la evacuación de calor de la pieza. Para este estudio el gas seleccionado ha sido el Helio ya que su conductividad es mucho mayor que la del aire (conductividad del Helio = 0.147 W/(m.K), conductividad del Aire = 0.026 W/(m.K)).

Durante el estudio se usaron 2 tipos de escudos protectores, uno rectangular y otro circular. El rectangular se ubica en tras la torcha de soldadura y el gas de refrigeración se inyecta encima de la zona que acaba de ser soldada. La desventaja de este sistema es que cuando la trayectoria no es lineal, parte del gas no interactúa con la zona que se quiere refrigerar, con lo cual la eficiencia del sistema disminuye. Se tendría que introducir un eje de fabricación adicional que controlara la orientación del escudo rotándolo alrededor del eje de la torcha, lo cual complicaría la estrategia de fabricación.

Para solucionar el problema, se diseñó un segundo escudo de protección con forma circular que inyecta el gas alrededor de la zona de soldadura, de tal manera que independientemente de la dirección de la torcha, el gas de refrigeración y el metal a enfriar interactúen. La desventaja es que la longitud de metal/gas interacción es menor que

en el caso del dispositivo rectangular, y eso puede afectar a la eficiencia.

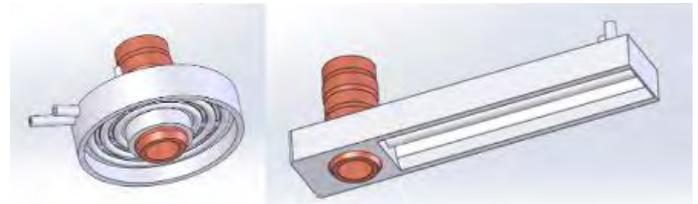


Figura I. Escudos protectores de gas.

TUBO VORTEX

Un tubo Vortex (también llamado tubo Ranque-Hilsch) es un sistema termodinámico que convierte una corriente de aire comprimido en dos corrientes de aire diferentes, una extremadamente fría y la otra extremadamente caliente (Figura II). El aire comprimido entra tangencialmente a una cámara de rotación, lo cual causa una columna de aire dentro del tubo que gira a gran velocidad (hasta 1 millón de r.p.m.). El aire de la parte externa de la columna gira a gran velocidad lo cual induce a un incremento de la temperatura, mientras que el aire en el centro de la columna se mueve relativamente lento y se enfría. Cada una de las corrientes es evacuada por un extremo del dispositivo. El tubo Vortex no tiene partes móviles y puede producir temperaturas tan bajas como -50°C y tan altas 110°C . Cuanto mayor es la presión de aire comprimido a la entrada, más baja es la temperatura del aire a la salida.

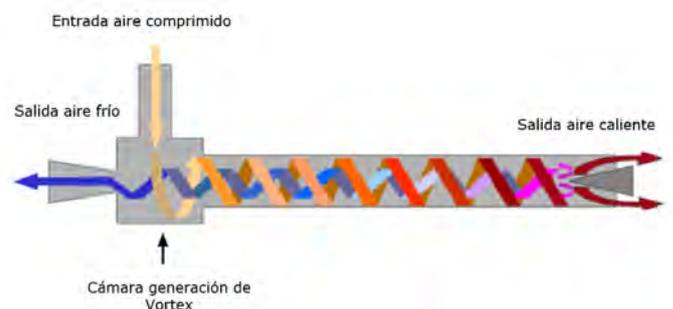


Figura II. Esquema principio Vortex.

La ventaja de esta tecnología es que el tubo Vortex es económico y fácil de instalar, ya que sólo se necesita aire comprimido, y su uso no presenta problemas relevantes de seguridad. Uno de los problemas que presenta es la red de aire comprimido tiene que ser capaz de mantener 50 M3/h a 6 bar de manera ininterrumpida. Dado que el poder de refrigeración está ligado a la presión de entrada al sistema, cualquier inestabilidad en el suministro de

aire, varía las condiciones de refrigeración, y dificulta la repetitividad de los ensayos. También hay que considerar la posible influencia de la corriente de gas frío sobre el proceso de deposición de metal.

En la Figura III se pueden ver dos configuraciones diferentes de tubo Vortex. Esto pone en evidencia de que con este sistema es relativamente sencillo conseguir diferentes configuraciones para busca la óptima.



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON CO2L

Es ya conocido que tanto el nitrógeno líquido (LIN) como el CO2 líquido (LCO2) tienen un interesante poder de enfriamiento cuando se proyectan sobre una superficie. Para este estudio se ha elegido LCO2 por diferentes razones.

- En la Figura IV se puede observar a diferentes caudales, como la capacidad de enfriamiento del LCO2 es mayor que la del LIN. Esto se puede ser debido a que un alto porcentaje del nitrógeno líquido se vaporiza antes de alcanzar la superficie a enfriar.

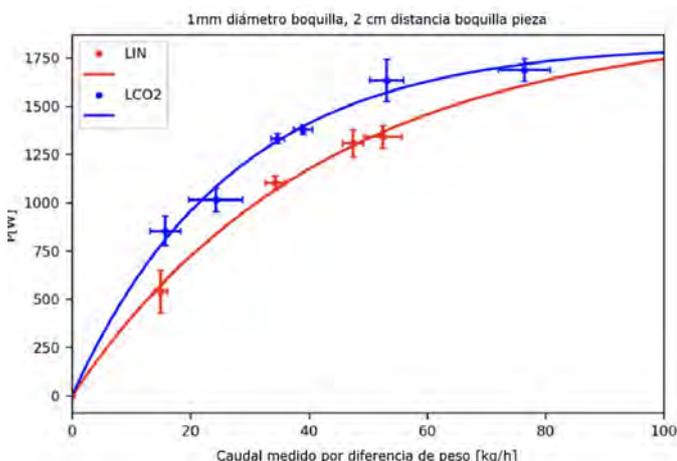


Figura IV. Potencia de enfriamiento de fluidos criogénicos incidiendo en una superficie de 150°C, a diferentes caudales (considerando pérdidas gaseosas).

- El LCO2 produce partículas de hielo seco a la salida de la boquilla que se proyectan a velocidad supersónica

hacia la superficie. Estas partículas a alta velocidad rompen la capa de calefacción que generalmente disminuye la transferencia de calor entre la superficie a ser enfriada y el líquido criogénico, lo cual permite la transferencia de calor por conducción entre el LCO2 y la superficie

- De manera adicional el LCO2 es más sencillo de transportar y ajustar que el LIN y es más económico.

La Figura V se puede ver el sistema de refrigeración por CO2. La ventaja de este sistema es su eficiencia, basada en el hecho de que las partículas de hielo seco a -78°C, y que al ser proyectadas a velocidad supersónica rompe la capa de calefacción consiguiéndose una mayor transferencia térmica. El uso de CO2L genera un problema de seguridad, ya que hay que extraer el CO2 proyectado de la zona de trabajo, así como instalar detectores de oxígeno y CO2 para evitar riesgo de anoxia en la zona de trabajo. Por otro lado, la turbulencia generada por el jet de LCO2 puede interferir con el proceso de deposición. Por lo que para estos ensayos se realizan paradas para refrigeración entre la deposición de las diferentes capas.



MODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Para tener una mejor visualización del efecto del fenómeno del sistema de refrigeración, en la Figura VI se puede ver un esquema de los diferentes modos de transferencia de calor.

Radiación: la transferencia de calor se produce sin contacto, y se debe a la propagación de fotones, es el modo de transferencia más débil.

Convección: la transferencia de calor se genera por el movimiento de aire. Resulta de los movimientos de aire que se generan por la diferencia de densidad y de temperatura. El aire caliente se eleva y disipa su calor. La convección puede ser natural, lo cual significa que el aire que envuelve la zona enfría la pieza, o convección

forzada, mediante una corriente de aire que incrementa la transferencia.

Conducción: es el modo de transferencia más eficiente, y se produce por el contacto a través del material.

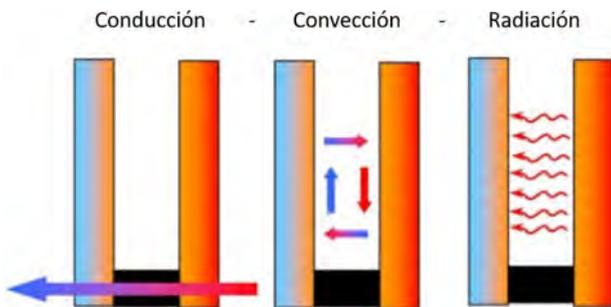


Figura VI. Modos de transferencia de calor.

La Figura VII representa la eficiencia de diferentes sistemas de refrigeración según la temperatura del fluido y el modo de transferencia.

Si la pieza se enfría a temperatura ambiente, el modo de transferencia fundamental es la convección natural, y la eficiencia de refrigeración es baja. La muestra así enfriada es la muestra de control.

En el caso de los escudos protectores y el tubo Vortex, el modo de transferencia de calor es la convección forzada, resultando más eficiente el tubo Vortex, ya que la temperatura del aire puede alcanzar los -15°C .

Para el sistema de refrigeración por LCO₂, tenemos una proyección mixta de gas, líquido y partículas sólidas a temperatura criogénica, y el modo de transferencia de calor es mixto, convección forzada y conducción, lo cual incrementa considerablemente la eficiencia del sistema de refrigeración. Incrementado la velocidad del jet de LCO₂ es cuando se consiguen los mejores resultados. De entre los diferentes métodos de refrigeración criogénica, el estudio se centra en este último sistema.

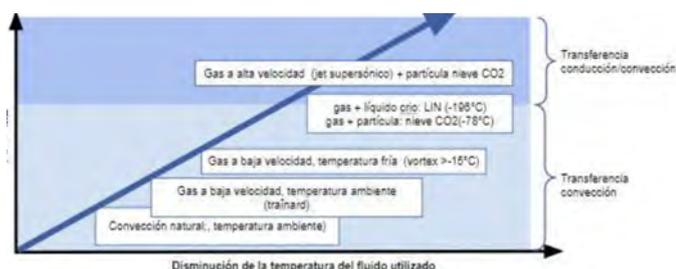


Figura VII. Eficiencia de diferentes métodos de enfriamiento según temperatura del fluido.

MATERIALES Y METODOS

La realización de los ensayos ha realizado en una plataforma WAAM (Figura VIII) con una cámara térmica FLIR.

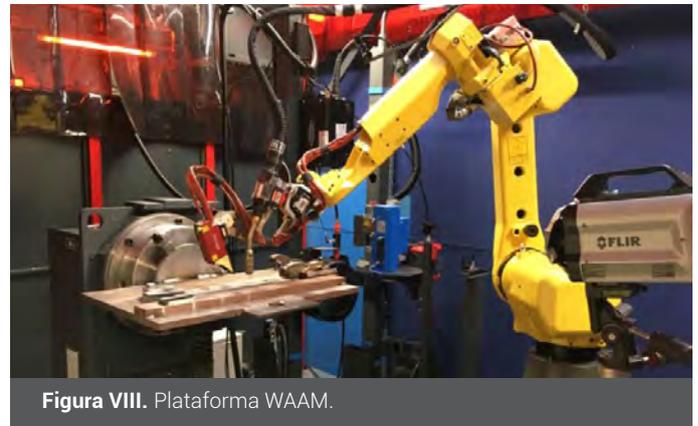


Figura VIII. Plataforma WAAM.

La cámara térmica graba la temperatura de toda la muestra durante la fabricación (Figura IX.a). Durante el tiempo entre capas, la cámara da información sobre la temperatura en la superficie de la pieza. La siguiente capa puede empezar cuando la temperatura baja por debajo de los 150°C .

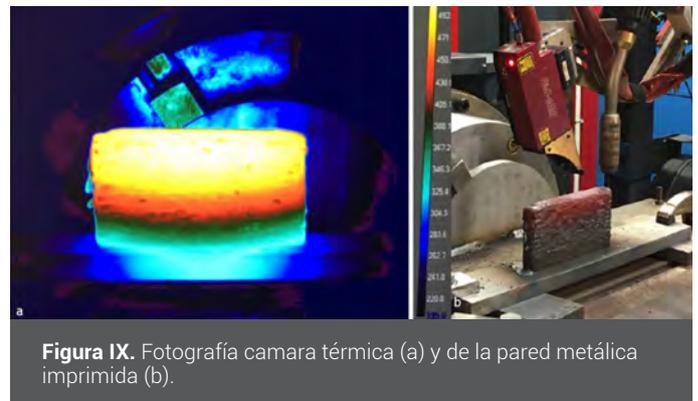


Figura IX. Fotografía cámara térmica (a) y de la pared metálica imprimida (b).

Los parámetros de fabricación de la pieza se encuentran en la Tabla I. Se trata de una pieza imprimida en modo pulsado con trayectoria en zig-zag. Como se puede ver en la Figura X, la trayectoria en zig-zag, dónde las capas se depositan de manera alterna transversal y longitudinalmente al eje de la pieza. La muestra final se compone de 80 capas, y la temperatura entre pasadas es de 150°C .

La Figura X muestra el ciclo de deposición de capas incluida la fase de refrigeración. Tras depositar una capa, el sistema de refrigeración hace 2 barridos sobre la superficie de la capa, si la temperatura de la capa sigue estando por encima de 150°C , el tiempo de enfriamiento antes de la segunda capa se extiende.

En la figura XI se muestra una foto de la muestra imprimida

y un esquema con las dimensiones de la muestra final obtenida.

Hilo	Bohler X90-IG of Ø 1.2mm
Modo de transferencia	Pulsado
Gas de soldadura	Arcal M14 - 1% O ₂ , 3% CO ₂ ; Caudal 22 L/min
Estrategia de trayectoria	Zig-zag
Angulo de torcha de soldadura	0°
CTWD	13 mm
Velocidad de robot de soldadura	75 cm/min
Velocidad hilo	8 m/min
Número de capas	80
Espesor de capa	2 mm
Temperatura entre pasadas	150°C máx.

Tabla I. Lista de parámetros comunes a todas las muestras.

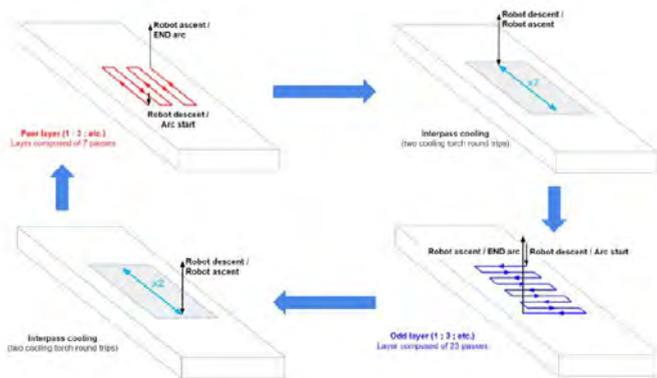


Figura X. Ciclo de deposición de capas incluyendo fase de refrigeración (Durante un ciclo se depositan 2 capas).

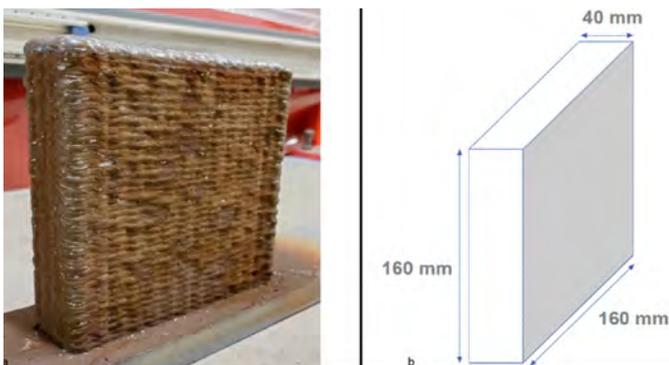


Figura XI. Pared rectangular imprimada referencia (a), dimensiones de la misma para estudio (b).

En la fase de parametrización del sistema de refrigeración se observó que el tiempo de fabricación de una muestra tomaba mucho tiempo (más de 30h). Para optimizar la planificación y la disponibilidad de la plataforma WAAM, se decidió agregar, bajo el sustrato de acero que sirve de base para la construcción de las muestras, un sistema de enfriamiento secundario consistente en un tubo perforado por el que sale aire comprimido. En la Figura XII se puede ver el posicionamiento

de este tubo perforado. Este sistema de refrigeración adicional se utiliza para todos los ensayos.



Figura 12. Sistema de refrigeración adicional bajo el sustrato. Pieza en proceso (a), y acabada (b).

En la Tabla II se muestra la duración del tiempo de fabricación sin el tubo perforado, donde se puede ver la eficiencia de este sistema adicional.

	Sin tubo perforado	Con tubo perforado
Material	ER 120S-G	ER 120S-G
Tiempo entre capas para alcanzar T<150°C	18 min	9 min

Tabla II. Evolución del tiempo entre capas para alcanzar 150 °C con y sin el tubo perforado bajo el sustrato como sistema de refrigeración adicional.

La Tabla III resume los diferentes sistemas de refrigeración que se han utilizado en este ensayo y sus diferentes ajustes. Para el tubo Vortex se han utilizado 2 presiones de trabajo diferentes, 3 y 6 bar, ya que la presión de entrada al dispositivo, marca la temperatura de salida del aire.

Escudos de protección de gas	Helio	70 l/min [4m ³ /h]
Tubo Vortex	Entrada aire: 3 bar	424 l/min [25 m ³ /h]
	Entrada aire: 6 bar	849 l/min [51 m ³ /h]
Refrigeración criogénica	Diámetro boquilla: 0,5 mm	25 kg/h
	Diámetro boquilla: 0,6 mm	40 kg/h
	Diámetro boquilla: 0,7 mm	60 kg/h

Tabla III. Resumen de los diferentes sistemas de refrigeración y sus ajustes.

Para el sistema basado en LCO₂, el diámetro de la boquilla influye en la generación de hielo seco, cuanto mayor es la boquilla mayor es el caudal del mismo.

RESULTADOS

El efecto de los diferentes sistemas de refrigeración en el proceso WAAM hay que estudiarlos desde 2 puntos de vista fundamentalmente. Su efecto en la productividad y en la integridad de la pieza fabricada. En este artículo se presentan resultados sobre la productividad, mientras se realizan los diferentes ensayos mecánicos previstos.

INFLUENCIA DEL USO DE LOS ESCUDOS PROTECTORES

Durante la realización de los ensayos con este sistema de refrigeración, se pudo constatar que su efecto sobre el tiempo de espera entre capas para alcanzar los 150°C es mínimo, como se aprecia en la Tabla IV. Por lo que se descarta este sistema de refrigeración para futuras investigaciones.

	Muestra	Escudo Protector (70 l/min He)	Adición tubo perforado	Adición de tubo perforado y Escudo protector
Material	ER 120S-G	ER 120S-G	ER 120S-G	ER 120S-G
Tiempo entre capas para alcanzar T<150°C	18 min	17 min	9 min 29s	9 min 10 s

Tabla IV. Efecto del escudo protector de He en el tiempo entre capas (T<150°C).

INFLUENCIA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO

Tanto el tubo Vortex como el sistema de refrigeración criogénico presentan buenos resultados.

La Figura XIII muestra la evolución del tiempo de fabricación de las muestras en función de los diferentes sistemas de refrigeración y sus ajustes. La columna negra muestra el tiempo de fabricación de la muestra patrón (con el tubo perforado como único sistema de refrigeración).

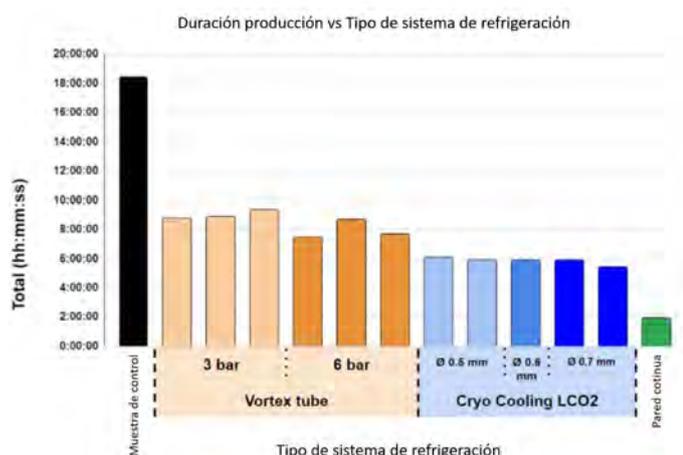


Figura XIII. Evolución del tiempo de fabricación vs el sistema de enfriamiento utilizado.

Para la fabricación de dicha muestra se empleó 18 h, siendo la media de realización de una capa de 13min, 50 seg, y la duración de la fase de deposición de material por capa 1min,47seg.

Se puede observar como el uso de los sistemas de refrigeración analizados reducen de manera significativa el tiempo de producción de la muestra.

El tiempo de fabricación usando tubo Vortex con entrada a 3 bar se reduce a la mitad. Si se aumenta la presión de entrada a 6 bar, se consigue disminuir una hora el tiempo de fabricación. Durante los ensayos con tubo Vortex, se observa cierta variabilidad, que se debe a la temperatura de entrada de aire al compresor. Ya que el aire comprimido se toma del exterior y la temperatura de entrada varía ente 5-15°C, lo cual también influye en la temperatura de salida.

Las prestaciones del sistema de refrigeración con LCO2 son algo mejores, reduciéndose el tiempo de fabricación a 6h. Se observa a su vez que el hecho de aumentar el caudal de LCO2 no produce un efecto significativo sobre la eficiencia del sistema. La explicación puede deberse a que la velocidad de disipación de calor está limitada por la conductividad térmica de la capa de hielo seco que se deposita sobre la superficie. Básicamente la refrigeración de la superficie es muy eficiente, pero el centro de la pieza sigue a mayor temperatura y calienta la superficie y elimina la capa de hielo seco.

Tipo de sistema de refrigeración	Tasa de deposición (Kg/h)
Ninguno	-
	0,5
Tubo Vortex	3 bar
	1
	6 bar
	1,1
Refrigeración con LCO2	Diámetro 0,5 mm
	1,4
	Diámetro 0,6 mm
	1,4
	Diámetro 0,7 mm
	1,4
Producción continua	4,3

Tabla V. Tasa de deposición de material los diferentes sistemas de refrigeración.

La tabla V muestra la tasa deposición de material en función del sistema de refrigeración. La tasa de deposición de la muestra de control es de 0,5 kg/h, consiguiéndose incrementos de un 100% con el tubo Vortex y de hasta un 150% con la refrigeración mediante LCO2. La muestra ideal, sin paradas entre capas sería de 4,3kg/h. Este dato nos indica que, aunque se han conseguido mejoras sustanciales en la productividad con los sistemas de refrigeración ensayados, el margen de mejora es todavía muy amplio.

Si se analiza el tiempo de arco con cada una de las tecnologías de refrigeración utilizadas la conclusión es la misma, el margen potencial de mejora de productividad es amplio.

En la Figura XIV se puede observar como el tiempo de arco de la muestra de control es de un 11%, es decir, únicamente un 11% del tiempo total de fabricación se

dedica a la deposición de material. Usando el tubo Vortex se incrementa hasta un 23% y con el sistema base en LCO2 se alcanza un 34%.

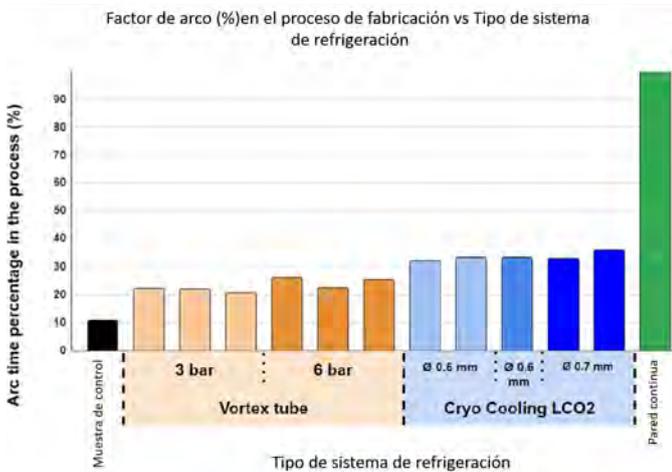


Figura XIV. Evolución del factor de arco en el proceso de fabricación vs el sistema de enfriamiento utilizado.

CONCLUSIONES

Tras la realización de los ensayos con diferentes sistemas de refrigeración, se puede concluir que:

- Los escudos protectores de helio no parecen tener un efecto sobre el ciclo térmico de la muestra
- Con el tubo Vortex y el sistema basado en LCO2 se obtiene un incremento de la productividad significativo.
- Con estos resultados preliminares se observa, que aunque se han conseguido incrementos importantes en la productividad, el margen de mejora es todavía muy amplio.

TUBO VORTEX

El estudio muestra que con el tubo Vortex se consigue un incremento medio de la productividad del 100%.

La tecnología no es cara y es fácil de usar, si bien requiere de una red de aire comprimido estable.

El tubo Vortex puede genera un flujo de aire frío, cuya temperatura va a depender de la presión de entrada al dispositivo, y de la temperatura de la cámara dónde coja el aire el compresor. Conforme mayor presión y menor temperatura de entrada de aire, menor será la temperatura del aire que sale del dispositivo, y por lo tanto mejores las prestaciones de refrigeración.

Estas fluctuaciones en la capacidad de refrigeración,

provocadas por las condiciones del aire de entrada, o por la estabilidad de la presión de entrada, son un punto a considerar. Ya que, si la eficiencia del sistema depende de las condiciones atmosféricas exteriores, o de la estabilidad de la red de aire comprimido, perjudica la repetitividad del proceso.

Hay diferentes vías abiertas para mejorar la eficiencia de este proceso:

Estudiar la posición del tubo Vortex frente a la pieza a refrigerar, o el uso de varios tubos Vortex de manera simultanea.

Usar un refrigerador antes de la entrada al dispositivo, para bajar la temperatura del aire y garantizar que sea constante.

REFRIGERACIÓN CRIOGÉNICA MEDIANTE LCO2

El estudio muestra que con el sistema de refrigeración criogénico por LCO2 se consigue un incremento medio de la productividad del 150%.

Hay que prestar especial atención a los sistemas de seguridad necesarios implícitos al uso de CO2: sistema de extracción y de detección de CO2 y O2.

Se ha identificado durante los ensayos potenciales mejoras:

Mejora de la estabilidad del proceso y del flujo de caudal de hielo seco. Dado que el tiempo de fabricación es alto, se generan partículas de hielo en la boquilla que inducen perturbaciones en el en el jet de CO2L. Encontrar la manera de minimizar su formación, o su eliminación daría mayor robustez al proceso

Dada la elevada sollicitación de caudal, la presión del recipiente donde se almacena el CO2 baja, lo cual afecta a la eficiencia del proceso. Cuanto menor es la presión de almacenaje, la eficiencia del proceso de refrigeración disminuye.

Optimización del posicionamiento de la boquilla.

AGRADECIMIENTOS

A los autores les gustaría agradecer al consorcio AFH por la oportunidad el soporte técnico proporcionado para poder llevar a cabo este trabajo.

Para completar el estudio se ha lanzado una serie de probetas

para hacer un análisis de propiedades mecánicas que está en progreso.

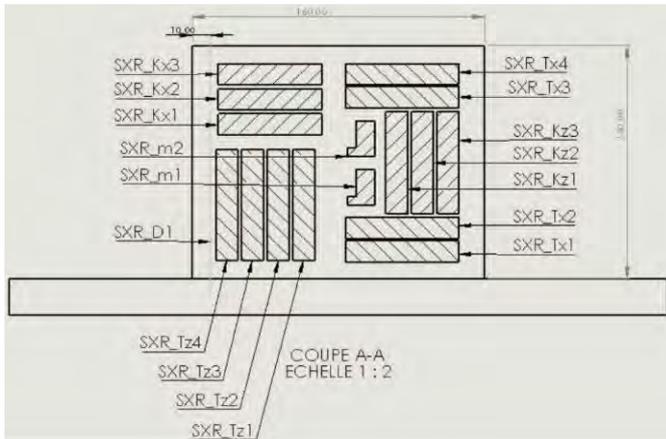


Figura XV. Diagrama de especímenes de muestra en una pieza

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. W. Williams - 2016 - Wire + Arc Additive Manufacturing
- [2] J. Xiong - 2016 - Fabrication of inclined thin-walled parts in multi-layer single-pass GMAW-based additive manufacturing with flat position deposition
- [3] B. Wu - 2017 - Effects of heat accumulation on the arc characteristics and metal transfer behavior in Wire Arc Additive Manufacturing of Ti6Al4V
- [4] S. Xu - 2017 - Oxide accumulation effects on wire + arc layer-by-layer additive manufacture process
- [5] D. Yang - 2017 - Thermal analysis for single-pass multi-layer GMAW based additive manufacturing using infrared thermography
- [6] Y. Lei - 2018 - Effect of inter layer idle time on thermal behavior for multi-layer single-pass thin-walled parts in GMAW-based additive manufacturing
- [7] E. R. Denlinger - 2014 - Effect of inter-layer dwell time on distortion and residual stress in additive manufacturing of titanium and nickel alloys
- [8] H. Wang - 2004 - Rapid prototyping of 4043 Al-alloy parts by VP-GTAW
- [9] J. Xiong - 2013 - Adaptive control of deposited height in GMAW-based layer additive manufacturing.
- [10] F. Li - 2018 - Thermoelectric Cooling-Aided Bead Geometry Regulation in Wire and Arc-Based Additive Manufacturing of Thin-Walled Structures
- [11] L. João da Silva - 2020 - Concept and validation of an active cooling technique to mitigate heat accumulation in WAAM
- [12] P. Henckell - 2017 - The Influence of Gas Cooling in Context of Wire Arc Additive Manufacturing - ANovel Strategy of Affecting Grain Structure and Size
- [13] C.R. Cunningham - 2020 - Effects of in-process LN2 cooling on the microstructure and mechanical properties of type 316L stainless steel produced by wire arc directed energy deposition
- [14] B. Wu - 2018 - The effects of forced interpass cooling on the material properties of wire arc additively manufactured Ti6Al4V alloy
- [15] C. Cerkez - 2020 - Patent WO 2020/078886 A1 : Method for the additive manufacturing of a component



Lasting Connections

TERRA & URANOS

The New Reference in Welding Machines.



Tu reto es unir materiales metálicos. Sabes soldar construcciones de puentes, máquinas y centrales eléctricas. En tu trabajo no necesitas „una“ solución, sino que MERECE lo mejor. Como proveedor de soluciones de soldadura ofrecemos una cartera única de consumibles de aportación de alta calidad, servicios de aplicación, accesorios y equipos de soldadura.

Escanea para obtener más información



ELECTRON BEAM WELDING OF COPPER ELECTRICAL CONDUCTORS FOR ELECTRIC VEHICLES

A. O'Farrell

CAMBRIDGE VACUUM ENGINEERING

1. INTRODUCTION

Electrification of vehicles is a trend seen across the globe as governments and manufacturers strive to reduce the significant contribution to climate change by the automotive sector. The core electrical components of an electrical vehicle are typically the batteries, inverters, shunt resistors and motor stators, within each of these elements there are electrical connections and then electrical connections between the components which amount to thousands of welds that need to be completed for a single vehicle. Existing automotive production lines for fossil fuel cars can currently demonstrate a vehicle rolling off the line at a rate of up to one vehicle every thirty seconds. For a manufacturer to achieve these sort of production rates for electric vehicles it is apparent that a rapid welding technique is required to ensure the same throughput. The weld quality must also be highly reliable, as a poor weld could increase electrical resistance leading to either poor vehicle performance or catastrophic failure due to fire which could cost a manufacturer billions of dollars due to warranty repairs, product recalls and damage of reputation affecting future sales.

The electrical connections of the drivetrain components are made primarily of copper, as it is well known to have the lowest electrical resistance of the most abundant metals. The importance of the weld quality, and the production rate required has already prompted investigations to determine the best joining method for these components, however electron beam welding has been almost completely overlooked in these studies [1], as such there is valid reason to investigate any applications where Electron Beam (EB) welding may hold advantages.

Laser welding has already been selected as the method of joining copper electrical conductors by automotive manufacturers in multiple assemblies within the drivetrain.

Laser copper welds are known to have suffered low process stability and are required to have preparation cells in the production lines to increase the reliability [2], these cells reduce throughput, increase complexity of line maintenance, and increase sources of failure. Laser welding requires the surface be prepared to minimise any reflections which can involve complicated machining or require coatings that reduce conductivity [2]. Further issues come from the soot generation of laser welding in atmosphere and shielding gas, this particulate can build up quickly, becoming a source of weld failure and a serious health and fire hazard. Due to the fundamental similarities in electron beam and laser welding processes, it is of primary interest to investigate if any electron beam attributes make it better suited for copper welding in applications where manufacturers are applying laser welding currently.

2. EXPERIMENTAL AIMS AND SETUP

A series of experiments were set up to trial welds that were reported by manufacturers to be most problematic in automotive laser welding production lines, to test if the electron beam welds could produce faster welding cell cycle times, a higher reliability of weld quality and reduce the requirement for weld preparation cells.

The welds trialed replicate those used for: joining the copper and copper alloys in shunt resistors for current measurement in drive control systems; the welds joining motor stator hairpins to create the drive motor; and the welds joining the electrical bus bar connections to the lithium-ion batteries. The welds were made at Cambridge Vacuum Engineering using a development welder machine, then tested using a variety of processes and equipment, at manufacturers' sites, normally used for testing production parts. In this paper the only weld investigation discussed is the motor stator.

The stator is the stationary part of an electrical motor.

Typically, a magnet yoke is formed of laminate layers of ferrous material, with an enamelled copper wire wound into the slots of the yoke to create electromagnets that drive the rotor of the motor. Most modern stators are wound using rectangular profile copper wire instead of traditional circular profile wire to enable motor designers to get the most efficiency from the motor design [3]. The wire has a cross section of around 4 to 8 mm² in electric vehicles.

The thickness and profile of the rectangular wire make it complex to automate winding accurately on a production line, therefore designers have opted to construct stator windings from "hair pin" shaped pieces of this wire, welding the ends together to form the inductive coils [3].

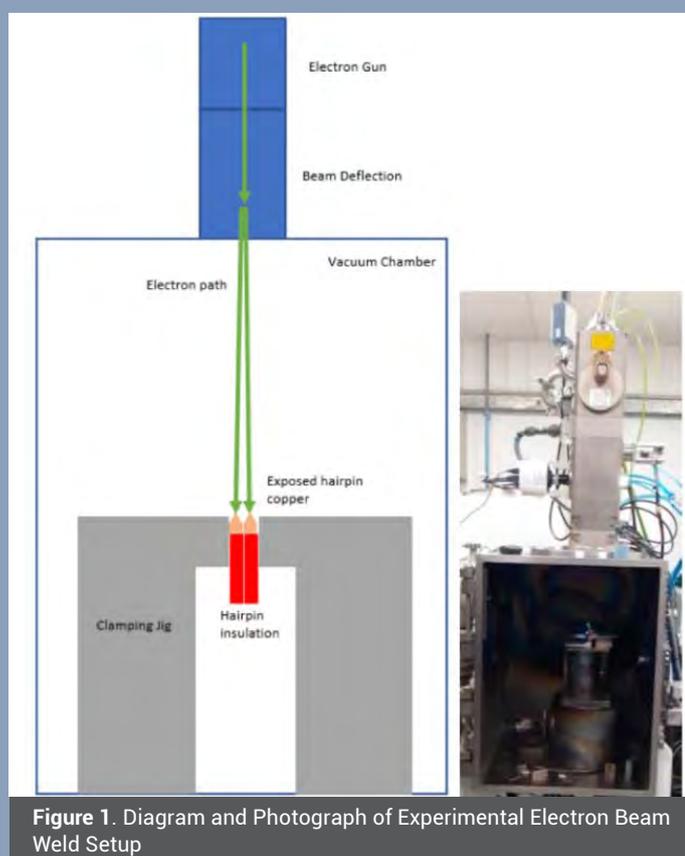


Figure 1. Diagram and Photograph of Experimental Electron Beam Weld Setup

The electron beam welds, completed for stator hairpin and hairpin bus bar tests, involved placing the hairpins into a simple jig in the electron beam chamber, around 130mm from the chamber wall, then using an FPGA arbitrary function generator to deflect the electron beam in custom designed patterns on the top face of the hairpins, where they had been cut. A series of welds were completed using typical welding parameters of a 60kV accelerating voltage, a surface focused beam, and beam currents in the range of 5 to 50mA. With the beam power being the product of voltage and current, these parameters give beam powers

of 0.3-3kW. The vacuum chamber was evacuated to around 8e-2mBar.

3. RESULTS AND DISCUSSION



Figure 2. Example of Electron Beam Hairpin Stator Weld

Initially, generated deflection patterns allowed the beam to cross the joint between the parts and produced inconsistent weld results, some welds created spatters that were found to have come from the electron beam entering the joint and burning the wire insulation; the out-gassing of this material would disrupt the weld.

A beam splitting deflection pattern was then developed to input energy into the hairpins simultaneously, without suffering issues with the beam dropping into the weld joint. The speed of the deflection system is over 2km/s at the part surface, so the beam can be placed onto the two hairpin tops effectively simultaneously with no significant energy entering the weld joint during the traverse between hairpins. Tests began with the weld duration at 1 second using lower powered beams of 5mA, the welds were then increased in power and decreased in duration, the power was increased up to 50mA (3kW) which was the working limit of the development machine, at this power a weld can be completed in 0.1 seconds. The weld the electron beam produces is a shiny copper dome, with no weld porosity, as shown in fig. 2; processing the welds in vacuum prevents soot generation and results in clean, parent metal quality weld beads.

Tensile tests were performed on these welds and achieved

an average of 750N before failure, the requirement for the laser weld to pass the tensile test is 250N, electron beam is achieving over 3 times the requirement reliably.

Tests were then performed to understand the potential process time the electron beam system could achieve. The full unwelded stator assembly was pumped down in the development machine, which approximately doubled the time for the chamber to pump down to a working vacuum of $8e-2$ mBar; the time increased from 72 seconds to 153 seconds. The chamber on this machine is relatively large and the pump set is small, so the slow pump time was to be expected, however it is calculated that a pump down time of around 20 seconds should be achieved on a rapid cycle production machine using small, purpose-built, chambers and large pump sets. Even faster times can be achieved: using "Load lock" pre-evacuation chamber systems can nearly eliminate the pump down time entirely.

To confirm the production process can scale up, 4 pairs of hairpins were all welded in sequence in 0.4 seconds total, displaying the same uniform results across each hairpin, an example of which is shown in fig. 3. This confirmed the 192 hairpin welds could now be completed in 19.2 seconds at 3kW if the FPGA were synchronised to the indexing rotary, giving a total cycle time of 39.2 seconds to produce a stator. The current laser weld cycle time is 70 seconds for 192 welds, so electron beam could prove to be significantly faster. A standard rapid cycle EB machine with a 15 kW supply could improve the cycle times even further, reducing cycle times to under 30 seconds. The method of conduction welding used here is not expected to experience any issues with weld speed increase, normally associated with keyhole instability, this is a common limiting factor in power beam welding processes.



Figure 3. Multiple Hairpin Pairs EB welded on a Stator

Tests on all hairpins to this point had been in the "untrimmed" state, already saving production time compared with a laser system due to the lack of preparation required. The hairpins had all been parallel with the tops at the same working distance from the EB gun, but the top of the hairpins still in a triangular shape from cutting.



Figure 4. Before (top) and After (bottom) Hairpins Offset in Vertical Axis to Evaluate Process Tolerance

Tests were then conducted to observe how the electron beam process could tolerate variability in part positioning. Hairpins were placed at up to 2mm offset in the vertical axis, shown in fig. 4. The offset pairs were welded using the fastest welding parameters from previous tests. The results showed that the electron beam depth of field over this range was irrelevant, and the parts still welded successfully, as can be seen in fig. 4. The weld does not have the same uniform dome as those with hairpins placed level and is instead lop-sided, despite this, the weld is of sufficient quality.



Figure 5. Trimmed Hairpins for Insulation Damage Limit Evaluation

Tests were performed to investigate how minimally the electrical insulation on the wire could be trimmed before EB welding would cause any visible damage to the insulation. Any damage could create electrical short circuits in the finished motor. If the insulation can be trimmed as short as possible, this allows designers to make smaller motors and increase efficiency. It was found that the un-insulated length could be reduced from 12mm down to 4mm on parallel pairs before damage would become visible, it is thought this is permitted by the localised heat input of electron beam welding and reduced boiling point of operating in vacuum.

Tests were also performed on bus bar tab to hairpin welds. A different beam splitting pattern was developed to assist heat input into the tab part. No issues with the joining of the parts were observed. These parts were tensile tested and exceeded the requirement by 4 times.



Figure 6. Hairpin Bus Bar Positional Tolerance Evaluation. Top (a) and Side View (b) Prior to Welding and Post Welding View (c)

Production positioning variability tests were performed for the bus bar tab welds, rotating the hairpin parts in the tabs to reflect a common alignment error. If the hairpin protrusion height were set level with the tab, and a positional error introduced onto the hairpin of 0.5mm, as in fig. 6(a), a weld would not form. However, the test was repeated with the hairpins protruding from the top of the tab by up to 2.5mm, as shown in fig. 6(b). This protrusion would then weld misaligned parts, accommodating errors up to 0.9mm, as the protruding part could melt into a round bead that would create a bridge to the tab, which would then collapse and form a large, connected area across the top of the tab shown in fig. 6(c).

CONCLUSIONS

Multiple electron beam welds of copper connectors have

been completed successfully in a manner that required no significant modification of normal electron beam processing techniques. The speed of the electron beam positioning system has shown that electron beam is capable of welding hundreds of copper parts per minute, while not suffering many of the process tolerance issues experienced in laser welding.

This investigation has shown that:

- The lack of reflectivity issues with electron beam technology allows rapid processing of copper welds in automotive production lines, given the wide availability and relative low cost of electron beam power supplies of 15kW, there is potential for reducing the welding time of a full stator to under 30 seconds, as required in future production cycles.
- The lack of reflectivity issues with electron beam allows parts to be welded without precise trimming for height regularity or surface finish conformity, removing a source of error in stator manufacturing.
- Electron beam welding of copper components is less prone to weld failure due to part misalignment or machine configuration errors, the ability to weld parts configured at differing weld heights enables the weld beads to fill gaps if misalignment has occurred.
- The lower heat input required in vacuum enables hairpins to have less insulation trimmed, while suffering no destruction by conducted heat from the weld. Shorter hairpins allow a smaller total motor size and greater weight reduction of the electric vehicle, improving overall vehicle efficiency in future designs.

REFERENCES

- [1] Das, D. Li, D. Williams, and D. Greenwood, "Joining technologies for automotive battery systems manufacturing," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 9, no. 2, Aug. 2018, doi: 10.3390/wevj9020022.
- [2] S. T. Auwal, S. Ramesh, F. Yusof, and S. M. Manladan, "A review on laser beam welding of copper alloys," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 96, no. 1–4, pp. 475–490, Apr. 2018, doi: 10.1007/s00170-017-1566-5.
- [3] T. Glaessel, D. B. Pinhal, M. Masuch, D. Gerling, and J. Franke, "Manufacturing influences on the motor performance of traction drives with hairpin winding," Dec. 2019. doi: 10.1109/EDPC48408.2019.9011872.

I PROBLEMAS NUESTROS DE CADA DÍA

Charles Vega Schmidt
Rios Supply Chain S.L.

Ante la falta de soldadores cualificados, nos vemos en la obligación de formar a personal con poca experiencia en el soldeo. Es justo y necesario, porque sin la formación previa y sin una vigilancia constante, se cometen errores que no cometerían los soldadores con formación y con unos años de cualificaciones.

Un emprendedor debe considerar a la formación de su personal, como un valor agregado de su empresa, mas no como un gasto sin sentido. La formación es una inversión para mantener y mejorar el nivel de calidad de los trabajos. Un soldador sin formación adecuada, es como un conductor que no ha pasado por la autoescuela, comete infracciones, produce accidentes, se enfada con otros conductores y hasta con la policía.

Hay muchas frases de personajes icónicos del desarrollo industrial, quienes opinaron sobre la formación en las empresas, una en particular es muy reflexiva:

“Solo hay algo peor que formar a tus empleados y que se vayan... es no formarlos y que se queden” - Henry Ford.

El temor de muchos empresarios, para dar formación a su personal, es que luego de la formación, se irán a otras empresas, especialmente a las de la competencia. Sin embargo, el personal sin formación comete tantos errores, que al final, las consecuencias de las reparaciones o de piezas defectuosas cuestan mucho más. A los novatos, no se les puede encargar trabajos de responsabilidad, es necesario darles tareas sencillas, previa comprobación de que las pueden hacer bien. Para las tareas más difíciles, es necesario que solo intervengan como ayudantes, para que aprendan observando a los que ya saben.

Un problema constante, es la falta de limpieza de los materiales, como la cascarilla de laminación de las chapas de acero al carbono, la que se debe eliminar mediante esmerilado o granallado, en la zona a soldar. Esta cascarilla es una capa que se forma por oxidación durante el enfriamiento, durante el laminado en caliente y al final del mismo. Luego el acero se va oxidando más,

engrosando la cascarilla, cuando el almacenamiento y el transporte exponen el material a las condiciones climáticas de humedad, atmósfera salina, lluvia, incrustaciones de materias extrañas cuando las chapas son arrastradas por suelos diversos, etc.

Los soldadores cuidadosos se toman el trabajo de eliminar la cascarilla en la zona aledaña a la unión a soldar, mediante el uso de los esmeriles angulares. Los soldadores que no lo hacen tienen las dificultades de un arco inestable, un cordón irregular y unas mordeduras muy visibles en las uniones en ángulo.

Aparte de la cascarilla de laminación, las superficies con recubrimientos, como son pinturas, galvanizado y cincado, presentan problemas para el soldeo, al igual que las chapas y perfiles con grasas o aceites. Todo material extraño debe ser eliminado de la zona a soldar, porque son contaminantes negativos para la soldadura.

Líneas abajo expongo un ejemplo, con el azufre como impureza, muy conocido en el acero. En la composición química de los aceros al carbono, el azufre está presente como elemento residual del carbón mineral. Siendo un elemento que debe ser reducido en las aleaciones de aceros estructurales, estando reflejado en la composición química registrada en los certificados de material, en cumplimiento de las normas de condiciones de suministro de aceros. No obstante, el azufre puede ser agregado en la soldadura, con materias como grasas, pinturas, plásticos, goma, tiza y yeso. Veamos la contaminación con azufre mediante un ejemplo sencillo, en un cordón de soldadura de 50mm de longitud con una altura de garganta a3.

Cordón de 50mm de soldadura de acero.

Peso específico del acero	7,87 gramos / cm ³
Volumen de 50mm de soldadura con garganta a3	0,45 cm ³
Peso de 50mm de soldadura de acero con garganta a3	3,541 gramos
Impureza de azufre máxima permisible en acero	S ≤ 0,035 % en peso
Para el cordón de cinco centímetros de acero	S ≤ 0,00124 gramos

Característica o propiedad	Acero y contenido máximo de azufre
Peso específico	7,87 gramos / cm ³
Peso de 50mm de garganta a3	3,541 gramos
Impureza máxima de azufre 0,035%	S ≤ 0,00124 gramos 1,24 miligramos

Tabla 1. Peso máximo admisible de azufre como impureza en 50mm de soldadura de garganta a3.

Existe azufre en la taladrina, en lubricantes, en los plásticos, en los disolventes, en el líquido anti proyecciones, en toda grasa o aceite, en las pinturas, en los adhesivos y en la tiza, porque la tiza es sulfato de calcio. El exceso de azufre, produce grietas en caliente, por la formación de eutécticos de bajo punto de fusión, los que se concentran en el centro del cordón de soldadura, durante la solidificación, durante la solidificación, que progresa desde las paredes de la junta, hacia el centro del baño de fusión. Es típica la formación del cráter final, a mayor contaminación con azufre, se formarán grietas precisamente en el cráter y también al centro del cordón.

Adicionalmente, la evaporación de las sustancias como taladrina, aceites, agua, materias sólidas volátiles, como los adhesivos y la grasa adherida a la superficie, producen gases y vapores, los que surgen formando cavidades en el interior de la masa del metal líquido. Con la solidificación, aparecen los poros.

Con muy pocos miligramos, las sustancias volátiles forman grandes volúmenes de gases, algunos elementos también se diluyen en el metal líquido, aparte de la falta de protección del baño de fusión, que también puede ocurrir por corrientes de aire. El tamaño de las burbujas depende de la temperatura, a mayor temperatura, más grande serán las burbujas.

Un ejemplo sencillo, se ilustra con la evaporación de una gota de agua cuyo diámetro es de un milímetro, similar a la punta de un bolígrafo fino. Cuando en los ensayos de presión hidráulica, se observan fugas, el agua permanece en los poros o fallos de la soldadura, por lo que es necesario eliminar la presencia de agua antes de hacer la reparación, mediante un esmerilado y luego un calentamiento con soplete para evaporar toda presencia de agua. No hacerlo, puede ocasionar una porosidad que continuará a pesar de varios intentos de tapar la fuga, generando más poros de manera interminable, la explicación es la siguiente:

- Una gota de agua de 1mm de diámetro tiene un volumen de 0,52359mm³
- El peso de la gota de agua de 1mm de diámetro es de 0,00052359 gramos
- A 1550°C esa gota se convierte en vapor y ocuparía 4348mm³, (4,34cm³).
- Aumenta en más de ocho mil trescientas veces de tamaño.

Cuando la gota queda atrapada en un poro de la soldadura, al convertirse en vapor, ejerce una presión inicial de 8304 atmósferas, suficiente para inyectarse en el baño de fusión, formando más poros. Algo similar ocurre con otras sustancias volátiles.

Estos cálculos son aproximados, se realizaron aplicando la ecuación de estado de los gases ideales, es suficiente para estimar la forma en que se incrementan los poros en las soldaduras, a consecuencia de la presencia de agua y de sustancias volátiles. Para este cálculo, se ha tomado idealmente, la temperatura de fusión del acero, en el valor de 1550°C, considerando una atmósfera de presión en condiciones normales.



Figura 1. Poros en una soldadura de acero con el proceso 138.

La figura 1 muestra la porosidad producida por una insuficiente protección de gas en el proceso 138, posiblemente sea la consecuencia de una corriente de aire que desplazó a la campana de gas de protección, como también puede ser la presencia de agua o de sustancias volátiles.

También se puede producir accidentalmente. Por ejemplo, en verano, suelen abundar los insectos, sucede que los abejorros y otras especies, son atraídos por la luminosidad de alguna fuente, revuelan alrededor de luminarias, también son atraídos por el arco eléctrico, cayendo sobre el baño de fusión y formando poros como los de la imagen. Es algo que ocurrió realmente, confieso que, si no lo hubiera visto, no lo habría creído. No obstante, es obvio que un insecto de ese tamaño, puede contaminar el baño de fusión. La humedad del bicho, así como la materia orgánica de todo el cuerpo del mismo, ocasionaron la porosidad, que tuvo que ser saneada para la reparación.

Otra causa muy común de la formación de poros, es la falta de limpieza, chapas que vienen con etiquetas autoadhesivas, las que no se eliminan antes del montaje. Un ayudante sin experiencia, no advierte este peligro, fija elementos con puntos sin eliminar las etiquetas, en la creencia de que el arco eléctrico quemará todo. Así es, el arco quema todo, pero la combustión de las etiquetas, también produce poros y contaminación en el baño de fusión.



Figura 2. Alambre con óxidos.

La conservación inadecuada de los consumibles, es la formación de óxidos en los mismos, la imagen 2 muestra

los óxidos en un rollo de alambre, siendo más sensibles los alambres tubulares que los alambres con baño de cobre. Esto conlleva no solo a la contaminación del baño de fusión, sino también a los atascos de alambre en el sistema de alimentación. Estos alambres oxidados deben ser achatarrados, porque solo producirán demoras debido a los constantes atascos y cambios de las puntas de contacto. Ocasionalmente, pueden llegar de algún proveedor, con lo que ya es imprescindible solicitar el cambio del lote, como mínimo una revisión del lote para descartar que no se utilicen rollos de alambre en estas condiciones.

Por lo mismo, es importante tener un lugar de almacenaje con control de temperatura, para evitar la condensación de humedad en los meses de invierno. Como se ilustra en la figura 3. Se trata de un horno pequeño, para el reacondicionado de consumibles, los hay de diversos tamaños y formas, los de almacenamiento mantienen la temperatura sobre los 30°C, los de reacondicionado, pueden llegar a más de 350°C, que es la temperatura necesaria para electrodos, fundentes y alambres tubulares con fundente básico.



Figura 3. Horno para almacenamiento y reacondicionado de consumibles. Cortesía de LINCOLN ELECTRIC.

Especialmente los alambres tubulares de fundente básico, son muy sensibles a la humedad. Un caso particular ocurrió en América Latina, sucedió que los alambres fueron envasados a la temperatura y presión de la costa, donde el clima es húmedo, por muy adecuados que sean los sistemas de secado y de aire acondicionado en la zona de envasado, el aire a poca altura sobre el nivel del mar,

conserva un porcentaje de humedad, es la presencia de agua en el aire. Esto no sería problema cuando el alambre sería usado en la costa. Sin embargo, sucedió que se utilizó en un campamento minero a más de cuatro mil metros de altitud, donde las condiciones atmosféricas cambian drásticamente. A esa menor presión atmosférica, y menor temperatura, el aire tiene menos capacidad de absorción de humedad. En consecuencia, el aire pierde la capacidad de absorción de humedad, la que es liberada en el interior del envase, bajo esas condiciones, la humedad fue adsorbida por el alambre tubular, generando poros en las soldaduras y otras dificultades, se tuvo que recomendar el reacondicionado de los alambres, en hornos adecuados, dadas las condiciones observadas, luego de varias pruebas de soldeo.

Haciendo una comparación de impurezas para el caso de la soldadura de aluminio, considerando que el hierro es un elemento residual y negativo para el aluminio, siendo admisible solamente el 0,7% en peso como máximo, en varias aleaciones, de acuerdo con la Norma UNE-EN 573-3. Los compuestos intermetálicos de hierro, suelen formar fases frágiles en las aleaciones de aluminio, por lo que se debe cuidar que no se contamine el material de aluminio con chapas ni restos de acero. Siendo recomendable ambientes separados para el almacenamiento, la preparación y el soldeo de aluminio.

Además, se conoce que otros contaminantes como los restos de abrasivos, polvo de esmerilado diversos aceros, que permanecen flotando en el ambiente de los talleres de soldadura, son sumamente perjudiciales, porque

propician la formación de poros e inclusiones, haciendo otra comparación con la presencia de una gota de agua de un milímetro de diámetro, en una soldadura de aluminio, tenemos:

- A 650°C esa gota se convierte en vapor y ocuparía 2206mm³, (2,20cm³).
- Aumenta en más de cuatro mil doscientas veces de tamaño.

Cuando la gota queda atrapada en un poro de la soldadura de aluminio, al convertirse súbitamente en vapor, ejerce una presión inicial de 4204 atmósferas. El intento de tapar poros sin hacer un saneado previo, antes de soldar, hará que los poros aumenten como burbujas efervescentes en el baño de fusión.

Entonces, es importante eliminar los poros mediante un saneado escrupuloso, si fuese posible, verificando con un ensayo de líquidos penetrantes, para soldar sin temor a la aparición de más poros.

Por lo tanto, la limpieza de las piezas de aluminio, antes de soldar, es fundamental y reglamentaria. No solo la zona de la junta a unir, sino también el material de aportación, debe ser almacenado seco y sin contaminantes, debidamente cubierto para que no le caiga polvo. Los envases de varillas de soldeo TIG deben conservarse con sus tapas. Las piezas mecanizadas, deben estar exentas de lubricantes y humedad. Todo resto de impureza, grasa, aceites y humedad, va a generar poros.

Otro problema, es la capa de óxido de aluminio, que llamamos alúmina, la que siempre está presente. Durante el soldeo, se rompe esta capa con la corriente continua en polaridad inversa, en el proceso MIG, o bien con la onda positiva de la corriente alterna en el proceso TIG. No obstante, esa capa de alúmina, no permite la salida de los gases que forman poros, solo arrancando virutas con un cortafrío afilado o una fresa especial para aluminio, y tallando el cordón poroso,

Cordón de 50mm de soldadura de aluminio.

Peso específico del aluminio	2,69 gramos / cm ³
Volumen de 50mm de soldadura con garganta a3	0,45 cm ³
Peso de 50mm de soldadura de acero con garganta a3	1,21 gramos
Para el cordón de cinco centímetros de aluminio	Fe ≤ 0,00847 g.

Característica o propiedad	Acero y contenido máximo de azufre
Peso específico	2,69 gramos / cm ³
Peso de 50mm de garganta a3	1,210 gramos
Impureza máxima de hierro 0,7%	Fe ≤ 0,00847 gramos 8,47 miligramos

es posible eliminar con facilidad esos poros. El esmerilado con discos de desbaste, produce incrustaciones de abrasivos, también hace un batido superficial del aluminio blando, escondiendo los poros debajo de una capa de aluminio esmerilado. Los poros se verían si se hace un pulido fino casi a espejo. Algo que no se nota con el esmerilado basto.

La figura 4 ilustra una soldadura de aluminio con una gran cantidad de poros, formados por la humedad en el metal o en el gas de protección. Se observa que no solo hay poros en el metal depositado, sino también en la chapa en ambos lados de la unión. Esto se debe a la elevada presión que ejerce el vapor de agua durante la soldadura, se presenta también en las uniones en ángulo y en las uniones en solape, en las que suele quedar un resquicio entre las chapas a unir, donde se queda atrapada el agua, por la condensación de la humedad ambiental en los días fríos de invierno.



Figura 4. Poros en una soldadura de una unión a tope en chapa de aluminio de 2mm.

Otro problema poco entendido por los proveedores de chapa inoxidable, es el almacenaje de este material, evitando el contacto con chapas de acero al carbono, el suministro de chapa con evidencias de óxidos, debe ser rechazado, porque no sabemos hasta qué profundidad se oxidó el material. También en los talleres, se debe almacenar el acero inoxidable, separado de todo material de acero al carbono, las mesas para soldar este material, deben tener una chapa de inoxidable sobre la que será posible evitar el contacto de las piezas a soldar con acero al carbono. El esmerilado de chapas y perfiles, debe ser realizado en áreas donde las proyecciones no impacten contra las chapas, perfiles y tubos de acero inoxidable, porque las proyecciones de acero se incrustan sobre la superficie de acero inoxidable y producirán óxidos con el paso del tiempo.

La figura 5 muestra oxidación en chapas de acero 1.4404. Se encontró también el defecto de hoja, en cuyo resquicio se acumuló humedad, la que también se aprecia en las huellas de manchas como suciedad. El óxido es evidente, eran piezas de corte LASER que fueron dobladas y suministradas por un proveedor, se rechazó el lote de piezas con estos defectos.



Figura 5. Óxidos y hoja de laminación en chapa de acero 1.4404 de 4mm.

La oxidación superficial, es muy perjudicial en la fabricación de construcción de conjuntos, que luego de todo el proceso de soldadura, deben ser llevados a los procesos de decapado y pasivación, además de contaminar los baños de los ácidos, la corrosión de origen, ya se presentará durante el servicio y en poco tiempo. Aunque parezca increíble, el acero inoxidable, se oxida en condiciones tales como el contacto con acero al carbono, solapes y resquicios en los recipientes, contacto con lejías y otras sustancias ácidas que atacan a la superficie de óxido de cromo. Por ello es importante:

- 1.- El control de entrada de material, para constatar que no haya chapas con evidencias de óxidos.
- 2.- El almacenamiento separado de piezas de acero al carbono, si no hubiera espacio suficiente, por lo menos, el acero inoxidable debe estar en baldas superiores, sobre las chapas y perfiles de acero al carbono.
- 3.- La manipulación, corte, mecanizado y preparación antes del soldeo, deberán ser realizados con el debido cuidado, la limpieza debe ser la adecuada en todos estos procesos.

4.- Las herramientas de preparación antes del soldeo, deben ser para uso exclusivo de acero inoxidable, evitando el uso de esmeriles, lijas, cepillos de alambres, limas, cortafríos ni martillos que hayan sido usados para acero al carbono.

5.- Durante el soldeo, es importante el uso de gas de respaldo o elementos de respaldo como cobre o latón, para evitar la oxidación que ocurre a temperaturas cercanas a la temperatura de fusión, especialmente en recipientes, tuberías y todo elemento que deberá ser pasivado, para la reconstitución de la capa de óxido de cromo que se deteriora con el soldeo, recuperando así, la resistencia a la corrosión.

6.- Después del soldeo, es importante la inspección visual para verificar la ausencia de evidencias de corrosión, el metal soldado debe quedar exento de óxidos típicos en el soldeo de este material, en la zona de soldadura es deseable el color rosa o ligeramente anaranjado, una coloración azul y más oscura, como el marrón, es una evidencia de una oxidación excesiva. En el respaldo también, cuando no se usa gas de respaldo, suele haber una oxidación, la que es mayor en espesores menores de chapa y con menor velocidad de soldeo.

La figura 6 muestra una chapa de 2mm soldada sin gas de respaldo, es evidente la coloración, el punto crítico es la zona más oscura, los soldadores suelen decir:

- ¡Se ha carburado!

Sin embargo, no son carburos, lo que se aprecia son óxidos de cromo. El cromo ha pasado a ser parte del óxido. No obstante, la pérdida de cromo no es solamente superficial, avanza unas décimas de milímetro o más de un milímetro en el espesor del material, con lo que se pierde un alto porcentaje de cromo en la zona de fusión, así como en la zona afectada térmicamente. En consecuencia, no hay salvación para estas piezas oxidadas, la corrosión avanzará, en poco tiempo habrá una perforación.

Lo peor para recipientes y tuberías de instalaciones para industrias alimentarias y más aún en la industria farmacéutica, es que la corrosión es el origen de alteraciones de la composición química de los productos, porque esos puntos oxidados son rugosos, no se pueden limpiar, al contrario, acumulan impurezas que malogran la

producción de los fluidos que se depositan o que circulan por esas tuberías. Imaginemos productos lácteos con el sabor desagradable, sería un escándalo y la ruina para una empresa. Mucho peor serían los medicamentos contaminados.



Figura 6. Óxidos en la zona del respaldo de una chapa de 2mm de acero 1.4404. El punto de máxima temperatura, fundió el material, que muestra óxidos de cromo.

La mayor cantidad de estos y otros problemas, se generan por falta de información, por falta de conocimiento del personal.

En un estudio de una empresa, se determinó que un alto porcentaje de defectos de soldadura como son las típicas imperfecciones que se indican en la Norma UNE-EN ISO 5817, además de otros, como errores de montaje, errores de mediciones, cortes defectuosos, errores en la preparación, contaminación de materiales, entre otros, se debía a una falta de formación sobre los modos de evitar estos errores y a una falta de pericia en la preparación de los materiales a soldar. Estos errores y defectos se agruparon en una causa común que es la falta de formación sobre los procesos de soldeo, la medición correcta de acuerdo con los planos, lectura e interpretación de planos de soldadura, la preparación correcta con o sin chaflán y la limpieza previa. Registrando un porcentaje cercano al 38% de estos defectos.

También se encontró un alto número de defectos originados por errores en el manejo de los grupos, como son los cambios de rodillos para los diámetros de alambre, el ajuste de parámetros en los grupos sinérgicos de arco pulsado, cambio de puntas de contacto y toberas. Afilado incorrecto de electrodos de tungsteno, el uso de toberas de cerámica defectuosas, mal ajuste del caudal de gas de protección, entre otros, registrando otro porcentaje del 33% en estos problemas que también ocasionan defectos

de soldadura. A fin de cuentas, la falta de formación es evidente en estos dos grupos de errores que en total ya suman el 71% de los defectos de las piezas rechazadas o apartadas para su reparación.

Por otra parte, se observó que varios defectos, también se producen por grupos y equipos sin mantenimiento adecuado, como pinzas de masa en mal estado, pistolas en mal estado, conexiones eléctricas defectuosas. Registrándose un 14% de defectos causados por estos problemas.

El 11% de defectos se originaron por material rechazable de origen externo, como es el material mal cortado, con errores de mecanizado, errores de plegado que suele ser uno de los más comunes, material que debe ser aceptado y reparado por las prisas de producción.

Un 5% de los defectos se clasificaron como otros, entre los que se vieron errores de planos, deformaciones por la soldadura y otros más.

Se hizo esto para apreciar en un diagrama de Pareto, las causas más importantes sobre las que se deberá actuar, para reducir los errores, en la producción de diversas piezas y conjuntos soldados. La tabla 2 y el gráfico 1 reflejan una realidad abrumadora.

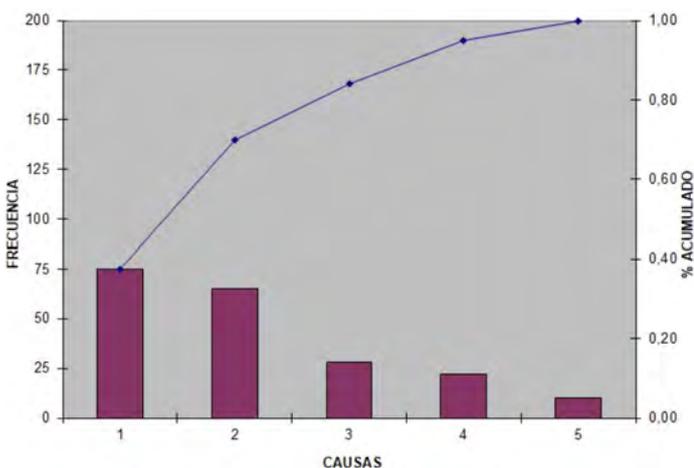


Gráfico 1. Diagrama de Pareto para determinar el efecto de las causas sobre los defectos de las piezas y conjuntos soldados.

CAUSAS	DEFECTOS DE PIEZAS SOLDADAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
Personal sin formación suficiente	75	0,38	75	0,38
Manejo inadecuado de grupos	65	0,33	140	0,70
Grupos sin mantenimiento	28	0,14	168	0,84
Material con defectos	22	0,11	190	0,95
Otros	10	0,05	200	1,00
TOTAL	200	1		

Tabla 2. Cuadro de causas y cantidad de defectos de las piezas soldadas.

Como se aprecia, una gran cantidad de rechazos y reparaciones se deben a la falta de formación, porque el personal no sabía casi nada sobre la inspección visual mínima que debe realizar el soldador, para discernir acerca de los defectos y sus causas, si se está soldando correctamente, o no. Para evitar la formación de poros, mordeduras, faltas de fusión y la ejecución de cordones con buen aspecto, así como para controlar las deformaciones y las desviaciones dimensionales. El ajuste correcto de los parámetros de soldeo. Causas que se registran en el primer grupo.

El manejo inadecuado de los grupos, también implica una falta de formación adecuada, porque es el soldador el que debe tener los suficientes conocimientos para el ajuste correcto de los parámetros, el cumplimiento de las instrucciones de soldeo, las condiciones mínimas del buen estado de las pistolas y sus accesorios.

Los grupos sin mantenimiento son otra causa que en parte está bajo la responsabilidad del soldador, porque siendo una herramienta de trabajo, deberá darle el cuidado adecuado. Limpieza, revisión del nivel del refrigerante en los grupos con pistolas con refrigeración, cambio de las pinzas de masa, conservación de los cables y de los enchufes trifásicos, entre otros cuidados. Esto también es responsabilidad de los encargados de los talleres, que deben advertir sobre el mantenimiento y la reparación de los grupos, así como su calibración para el ajuste correcto de los parámetros.

En consecuencia, la formación es fundamental, es importante para la producción, lamentablemente, pocas empresas pueden tener la capacidad económica y pueden contar con personal encargado de la formación. Lo normal es que se encuentre personal empírico que aprendió con los años de trabajo, posiblemente con errores de otros que le enseñaron en sus primeros años de experiencia laboral.

Últimamente se comenta también sobre el problema de la falta de personal para la construcción. Una consecuencia de la crisis de la década pasada y también de la pandemia. No obstante, este mal tiene remedio, mediante el consenso de los centros de formación profesional, por lo que es necesario una coordinación con los organismos que puedan promover a los docentes de soldadura y de otras áreas profesionales, para actualizar a los maestros, haciendo de la formación profesional, una labor estandarizada, que todos los centros de formación tengan los recursos suficientes, en material, equipos, herramientas, energía y personal apto. Que los planes de estudio sean iguales o

parecidos a los que se imparten en los demás países de la Unión Europea.

BIBLIOGRAFÍA

Norma UNE-EN 573-3:2020

Aluminio y aleaciones de aluminio. Composición química y forma de los productos de forja. Parte 3: Composición química y forma de los productos.

Norma UNE-EN ISO 5817:2014

Soldeo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. (ISO 5817:2014).

Les deseamos
Feliz Navidad



INFORMACION DE LA JUNTA DIRECTIVA DE CESOL

Con fecha 21 de septiembre de 2023, se ha celebrado una reunión de la Junta Directiva de CESOL, en la que se trataron, entre otros, los siguientes asuntos:

ALTAS MIEMBROS PROFESIONALES	
APELLIDOS Y NOMBRE	ZONA GEOGRÁFICA
CASTILLO GONZÁLEZ, Javier	Valencia y Murcia
IBARRA ECHE, Maurice Enrique	País Vasco y Navarra
MONFORTE ESPUNY, Aitor	Cataluña y Baleares
NAVARRO BLAZQUEZ, Nicolas J	Andalucía
SASTRE PASCUAL, Luis Alberto	Madrid, Castilla La Mancha, Castilla León y Exterior

BAJAS MIEMBROS PROFESIONALES	
APELLIDOS Y NOMBRE	ZONA GEOGRÁFICA
FERRERO VICEDO, Francisco	Valencia y Murcia
HERRANDO PRADAS, Miguel	Aragón y La Rioja

ALTAS MIEMBROS INDUSTRIALES	
EMPRESA / ENTIDAD	SECTOR INDUSTRIAL
CASA MARISTAS AZTERLAN	Entidades de Servicio y Agencias de Inspección

Se aprueban por unanimidad, de los asistentes, las altas y bajas. Quedando el cómputo de Miembros a la fecha de la Junta como se refleja en el siguiente cuadro:

SITUACIÓN DE LOS MIEMBROS DE CESOL DESPUES DE ALTAS Y BAJAS				
	MIEMBROS A 30-5-2023	BAJAS	ALTAS	MIEMBROS A 21-9-2023
MIEMBROS PROFESIONALES	303	2	5	306
MIEMBROS INDUSTRIALES	89	0	1	90

VARIOS:

- En la Asamblea General del IIW en Singapur, D. Fernando Mañas ha sido nombrado nuevo Chairman del IAB. Este cargo le permite entrar a formar de la Junta Directiva del IIW. Asimismo, se le ha invitado a participar en el grupo de trabajo de finanzas.
- Feria de soldadura de Essen. CESOL asistió a la misma y participó con un equipo de jóvenes soldadores en la competición celebrada allí. Se obtuvo una medalla de bronce y el sexto puesto en la competición por equipos.
- CESOL se ha unido al CTN-343 de UNE sobre sostenibilidad.
- Se presentó el informe de auditoría interna de control que se realizó el pasado 13 de junio por los dos miembros de CESOL designados en la Asamblea: D. Manuel Aracil y D. José María Gómez de Salazar, no se ha detectado ninguna anomalía. Antes de final de año se realizará la del segundo semestre.

PROGRAMACIÓN DE CURSOS DEL AÑO 2024

Cursos Presenciales con Reconocimiento Europeo

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
TÉCNICO APLICADOR EUROPEO DE ADHESIVOS (EAB)	Del 26 de febrero al 1 de marzo de 2024	Madrid
	Del 3 al 7 de junio de 2024	
	Del 14 al 18 de octubre de 2024	

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
ESPECIALISTA EUROPEO DE ADHESIVOS (EAS)	Sesión 1 - Del 16 al 20 de septiembre de 2024	Madrid
	Sesión 2 - Del 7 al 11 de octubre de 2024	
	Sesión 3 Práctica – Del 4 al 8 de noviembre de 2024	

Cursos Semipresenciales con Reconocimiento Europeo

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
INGENIERO EUROPEO DE ADHESIVOS (EAE)	Sesión 1 - Del 8 al 12 de abril de 2024	Madrid
	Sesión 2 - Del 20 al 24 de mayo de 2024	
	Sesión 3 – Del 10 al 14 de junio de 2024	
	Sesión 4 Práctica – Del 8 al 12 de julio de 2024	

Para más información consulte nuestra página web:
<https://www.cesol.es/cursos-adhesivos.html>



Cursos Semipresenciales con Reconocimiento internacional

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
35ª CONVOCATORIA Ingeniero/ Técnico/ Especialista Internacional de Soldadura	Módulo 4 – Del 22 al 26 de enero de 2024	Madrid
36ª CONVOCATORIA Ingeniero/ Técnico/ Especialista Internacional de Soldadura	Prácticas de Taller – Del 15 al 19 de enero de 2024	
	Módulo 2 – Del 19 al 23 de febrero de 2024	
	Módulo 3 – Del 6 al 10 de mayo de 2024	
	Módulo 4 – Del 9 al 13 de septiembre de 2024	

Para más información consulte nuestra página web:
<https://www.cesol.es/cursos-semipresenciales.html>



Cursos Monográficos presenciales

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
RECICLAJE ICS– EJERCICIOS DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y PROCEDIMIENTOS MEDIANTE NORMATIVA EUROPEA	14 de marzo de 2023	Tele presencial
CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y PROCEDIMIENTOS MEDIANTE NORMATIVA EUROPEA Y ASME IX	Del 22 al 24 de abril de 2024	Madrid
RECICLAJE ADHESIVOS	25 de abril de 2024	
INSPECCIÓN VISUAL	13 de mayo de 2024	
INSPECCIÓN VISUAL	28 de octubre de 2024	
RECICLAJE ICS– EJERCICIOS DE CUALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y PROCEDIMIENTOS MEDIANTE NORMATIVA EUROPEA	5 de noviembre de 2024	Tele presencial

Para más información consulte nuestra página web:
<https://www.cesol.es/cursos-presenciales.html>



Inspector de Construcciones Soldadas

TÍTULOS	FECHAS	CIUDAD
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N1 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 12 al 16 de febrero de 2024	Madrid
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N2 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 4 al 6 de marzo de 2024	
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N3 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 6 al 8 de marzo de 2024	
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N1 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 23 al 27 de septiembre de 2024	
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N2 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 14 al 16 de octubre de 2024	
ICS: INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS N3 DE ACUERDO A LA NUEVA NORMA EN 14618:2017	Del 16 al 18 de octubre de 2024	

Para más información consulte nuestra página web:
<https://www.cesol.es/cursos-presenciales.html>



Cursos Semipresenciales con Reconocimiento internacional

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:
<https://www.cesol.es/cursos-semipresenciales.html>



PERSONAL DE SOLDADURA Y ADHESIVOS

En este número se relacionan las personas certificadas como Inspectores de Construcciones Soldadas y las que han obtenido Diplomas Internacionales/Europeos de Soldadura y Adhesivos desde el 17 de junio al 27 de octubre de 2023:

Personal Certificado

EXAMEN DE INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS:

Nivel 1:

- D. Luis MILÁN LINARES
- D. Miguel de PABLO LÓPEZ
- Dña. Irene VICENTE MARTÍNEZ

Nivel 2:

- Dña. María del Pilar AMAYA SÁNCHEZ
- Dña. Isabel EDO ESCUDERO
- D. Miguel Ángel JOAQUÍN MÁRQUEZ
- D. Daniel LAPEÑA MORENO
- D. Antonio David LEGAZ HERNÁNDEZ
- D. Ángel LÓPEZ SAAVEDRA
- D. David MONTORO MARTÍNEZ
- D. Pablo SARMIENTO SOBRINO
- D. Cristóbal SENENT CUELLO
- D. José Luis SOLANO ALBALADEJO

Nivel 3:

- D. Salvador GASCÓ GARCÍA

RENOVACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN COMO INSPECTOR DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS:

Nivel 1:

- Dña. M^a Isabel AGÜES NUÑO
- Dña. Magaly del Consuelo ALARCÓN MEDRANO
- Dña. Verónica ALONSO HERNÁN
- D. Daniel ASENJO GONZÁLEZ
- D. Sergio AYUSO ONCALA
- D. Jorge CAÑAVATE MUÑOZ
- D. José Antonio COSTAS GUERRERO
- D. Juan Carlos GARCÍA GARCÍA
- D. Juan Ángel GARCÍA RODRÍGUEZ
- D. Bartolomé GÓMEZ HERNÁNDEZ
- D. Miguel HERNÁNDEZ JORDÁN
- D. Miguel Ángel HERNÁNDEZ PONCE
- D. Iván LÓPEZ GARCÍA
- D. José MARTÍNEZ PÉREZ
- D. Rubén RIBERA SÁNCHEZ
- D. Alberto ROMERO BELZUNCES
- D. José Antonio SÁNCHEZ ARAGÓN
- D. Francisco Javier TAJUELO LÓPEZ
- D. Juan Antonio TAPIAS ARMADA
- D. Jorge TOMÁS ARTES
- D. Carmelo José TOMÁS FLORES
- D. Jorge Juan TORRES BERNABEU
- D. Andrés VIDAL MUÑOZ

Nivel 2:

- D. Pedro AGUILAR CONESA
- D. Carlos ARANZADI AYARRA
- D. Julio BACILIO CRUZ
- D. José BARRERA MENA
- D. Juan CABALLERO RIVAS
- D. Víctor CEBRIÁN IRANZO
- D. Óscar CRESPO VALERA
- D. Ernesto José CUADRA SERENO
- D. Julio CUENCA BLANCO
- D. José Luis CUERVO ESTRADA
- D. José Carlos DAIMIEL IBÁÑEZ
- D. Rolando Mateo ESCALANTE HENRIQUEZ
- Dña. Rosa Blanca ESTEBAN DOMÍNGUEZ
- D. Antonio FAJARDO SALINAS
- D. Iván FERNÁNDEZ BARRIO
- D. Pablo FERNÁNDEZ ESPUELAS
- D. Fernando FERNÁNDEZ LANCIS
- Dña. Marta FERNÁNDEZ MILLAS
- D. Daniel FERNÁNDEZ VEGAS
- Dña. María Luisa GARCÍA BRODARD
- D. Rubén GARCÍA MÉNDEZ
- D. Javier GARCÍA MONTES DE OCA
- D. José Luis GARCÍA SOLANO
- D. Isaac GÓMEZ PARREÑO
- D. José Luis GUERRA GALET
- D. Francisco Javier JIMÉNEZ VICTORIA
- D. Víctor Luis LECEGUI BELMONTE
- D. Prediliano LÓPEZ COPE
- D. Miguel Ángel LUJÁN PELÁEZ
- D. Manuel MARTORELL LEÓN
- D. Carlos MARTÍNEZ CARRILLO
- D. Jesús MERCADER FLORÍN
- D. Antonio Juan MOLERO GARCÍA
- D. Víctor Manuel MONFORTE MARTÍNEZ
- D. Juan Manuel MORELL DELGADO
- D. Antonio MORILLAS PORTERO
- D. Iñaki MUÑOZ FRANCO
- D. Óscar OTERO ZABALETA
- D. Miguel Ángel PANIAGUA GÓMEZ
- D. Ricard PÉREZ CUECAS
- D. Román PÉREZ MARIZ
- D. Emilio PITERA CUENCA
- D. Francisco Manuel RODRÍGUEZ LADO
- D. Carlos RUIZ ÁLVAREZ
- D. Juan Carlos RUIZ CRISTOBAL
- D. Alberto RUPÉREZ AZOFRA
- D. Sebastián SEGOVIA SÁNCHEZ
- D. Sergio SEIJAS MORICHE
- Dña. Yolanda SIN CASASNOVAS
- D. Luis Giovanny TAPIA MONCAYO
- D. José M^a TORRES TEJEDOR
- D. Pedro Luis UGARTE LEJARZA

Nivel 3:

- Dña. María del Carmen ADALID MARTÍNEZ
- D. Francisco ARJONA VALLADARES
- Dña. Esther CABALLO LÓPEZ
- D. Alejandro CELIS FRESCO
- D. Antonio Jesús CAÑO SORIA
- D. Alejandro DÍAZ YEPES
- D. Ismael FERNÁNDEZ MIRALLES
- D. Miguel Ángel FUENTE HERAS
- D. Francisco GALLEGO SÁNCHEZ
- D. Joaquín GARCÍA CABEZAS
- D. Antonio GUERRA RUBIO
- D. Ricardo Andrés LEGAZ RÍOS
- D. Ricardo LÓPEZ GUTIÉRREZ
- D. Juan José MENÉNDEZ GARCÍA
- Dña. Paz MINIÑO JUSTEL
- D. Adán PÉREZ FERNÁNDEZ
- D. Cristóbal REYES BERNAL
- D. Gonzalo RIVEIRO FREIRE
- D. Vicente Javier RODRÍGUEZ GARCÍA
- D. José Manuel SÁNCHEZ PAREDES
- D. José Alberto TELLO LÓPEZ

**INGENIERO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWE)
MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Ibai BEATO MONTEAGUDO
- D. Luis BEGUER LLAGÜERI
- D. José Santiago CARMARGO LAZO
- Dña. Mirel COSTEL PANAIT
- Dña. Teresa FABAL GARCÍA
- D. Salvador GARCÍA SERRANO
- D. Sergio GARRIDO VEGUILLA
- D. José Luis GIMENO GONZÁLEZ
- D. Pedro GÓMEZ MOLINA
- D. Ander IBÁÑEZ DE GARAI LOPO
- D. Ramón LAGUNA PÉREZ
- Dña. Arantza LECANDA VAQUERO
- D. Eloy LOBATO GONZÁLEZ
- D. Juan José MARTÍN ZALBA
- D. Álvaro David ORTIZ GARCÍA
- D. Manuel PASCUAL MARTÍNEZ
- D. Alberto RODRÍGUEZ GIRÓN
- D. Gonzalo RUIZ SÁNCHEZ
- D. Pablo SALAMANCA GARCÍA

**TÉCNICO INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWT)
MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Daniel ANGULO BRAVO
- D. David MAÑA ESCUDE

**ESPECIALISTA INTERNACIONAL DE
SOLDADURA (IWS) MEDIANTE EXAMEN:**

- Dña. Margarita María DÍAZ MOURIN
- D. Juan Antonio MERCADER MARTÍNEZ

**INSPECTOR INTERNACIONAL DE SOLDADURA A NIVEL
COMPLETO" (IWI-C) MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Carlos CRUZ BADA
- D. Diego MADERA ABELLA

**INGENIERO EUROPEO DE ADHESIVOS (EAE)
MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Andoni ECEIZA ECHEVERRIA
- D. Marc IGLESIAS FARRAN
- D. Fernando MAÑAS ARTECHE
- Dña. Laura MARÍN PERALES
- D. Iván MARTINEZ BEJAR
- Dña. Natividad Consuelo ROBLES TOLEDANO

**ESPECIALISTA EUROPEO DE ADHESIVOS" (EAS)
MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Sergio MORENO CIPRIAN
- Dña. Erika PAPPERITZ MENDEZ
- D. Raúl RODRIGUEZ BENITEZ
- D. José RUIZ ZAYAS
- D. Christian SOUSA PEREZ
- D. Álvaro ZAMBRANO LÓPEZ

**TÉCNICO APLICADOR EUROPEO DE ADHESIVOS (EAB)
MEDIANTE EXAMEN:**

- D. Félix ALONSO
- D. Ignacio ALONSO FERNÁNDEZ
- D. Andreu ARCÓN PARREÑO
- Dña. Izaskun ARMENDARIZ SÁNCHEZ
- Dña. Zaira ARTEAGA PERIANES
- Dña. Marta BARREDO UNAMUNZAGA
- D. Iván CABELLO PÉREZ
- D. Mikel CHAMORRO OSES
- D. Joseba CORTAJARENA GOENAGA
- D. Miguel Ángel EGEA ORTIZ
- Dña. Patricia FERNANDA IBÁÑEZ
- D. Óscar FERNANDEZ LACASA
- D. Andoni FERNÁNDEZ MAS
- D. Jaume GARCÍA GUTIÉRREZ
- D. Aitor HERNÁNDEZ AZKUNE
- D. Iker IPINZTZA SORRÓN
- D. Aitor MACÍAS OLAVE
- D. Oier MITXELENA AROZENA
- D. José Javier MOLINUEVO FERNÁNDEZ DE GOBEO
- D. Javier OLMEDO SÁNCHEZ – ÉLEZ
- D. Andoni PÉREZ MARTÍN
- D. Albert PEREZ TARRADO
- D. Gabriel PIÑANA NAHARRO
- D. Raúl SANTIAGO GUTIÉRREZ
- D. Carlos Roberto SARANGO PEÑA
- D. Vidal VILLACORTA AJO
- D. Jon VILLAMBROSA PEÑA
- Dña. María Ángeles YAGUE GASTON
- D. Óscar ZAMORANO BERROSPE

ROMERÍA DE NUESTRA SEÑORA LA VIRGEN DE LA HERRERÍA, PATRONA DE CESOL

Domingo 3 de septiembre

El pasado 3 de septiembre se celebró la festividad de Nuestra Señora la Virgen de la Herrería. En esta ocasión la tradicional Romería tuvo que suspenderse por problemas meteorológicos y la Misa tuvo lugar en la Parroquia de San Bernabé. Antes de la Misa se hicieron entregas de diversas condecoraciones y reconocimientos.

La representación de CESOL en el acto fue más reducida debido a las lluvias torrenciales que se sufrieron ese día en la Comunidad de Madrid. Tras la celebración de la Misa se celebró un almuerzo en un restaurante.

Como siempre la acogida por parte de la Hermandad fue muy entrañable y desde aquí les mandamos nuestro agradecimiento y felicitación por la organización de todos los actos.



MANUAL DEL SOLDADOR Y LOS CUADERNOS DE EJERCICIOS Y SOLUCIONES

CUADERNO DE EJERCICIOS Y CUADERNO DE SOLUCIONES para trabajar todos los capítulos del **MANUAL DEL SOLDADOR**.

Contienen más de setecientas preguntas de diversos tipos (cerradas, dicotómicas, de respuesta múltiple, rellenar espacios, de respuesta breve...), en las que se deben completar más de dos mil respuestas. Han sido elaborados desde el contacto directo con la realidad, y contrastados en ella, por su autor con amplia experiencia como formador.

Para adquirir el **Manual del Soldador y los Cuadernos** deben dirigirse a: CESOL - C/Condado de Treviño, 2 - Local F-31
28033 Madrid - Teléfono: 91 475 83 07 - Fax: 91 500 53 77
Email: cesol@cesol.es y en nuestra web www.cesol.es



Obituario. El pasado mes de agosto falleció D. Miguel Herrando Pradas, Miembro Distinguido de CESOL, que durante muchos años formó parte de la Junta Directiva de CESOL. Desde aquí nos unimos al dolor de su familia.



A lo largo de la vida hay personas que de alguna manera marcan nuestro camino, llamémosles padrinos, mentores, consejeros, ciertamente amigos. Son como nuestro puerto de confianza, aquel al que siempre volvemos después de navegar, porque lo conocemos bien y tenemos la certeza de que no nos va a deparar ninguna mala sorpresa. Si la navegación ha sido buena, es el lugar donde celebrarlo y si, por el contrario, ha habido problemas, es el sitio donde nos relajamos, analizamos lo sucedido y buscamos mejoras. Así era Miguel para sus amigos, y me consta que también para toda la comunidad de la soldadura, oficio al que dedicó toda su vida profesional y por el que sintió verdadera pasión. Es cierto que hay otros puertos en el mar, pero a nosotros nos gustaba este, y lo estamos echando ya mucho de menos. Gracias por todo y DEP.

Miguel Ángel Sisamon.



AGENDA 2024

TOOLTECH 2024

FECHA: 18 - 23 enero 2024 -
LUGAR: Bangalore (India)
Información relacionada:
<https://www.biec.in/>

SAMUMETAL 2024

FECHA: 01 - 03 febrero 2024 -
LUGAR: Pordenone (Italia)
Información relacionada:
<https://www.samuexpo.com/>

METAV 2024

FECHA: 20 - 23 febrero 2024 -
LUGAR: Düsseldorf (Alemania)
Información relacionada:
<https://www.metav.de/>

SIMODEC 2024

Fecha: 04 - 08 marzo 2024 -
Lugar: La Roche-sur-Foron (Francia)
Información relacionada:
<https://www.salon-simodec.com/>

ASIAMOLD 2024

FECHA: 04 - 06 marzo 2024 -
LUGAR: Cantón (China)
Información relacionada:
<https://asiamold-china.cn.messefrankfurt.com/guangzhou/en.html>

DACH+HOLZ INTERNATIONAL 2024

FECHA: 05 - 08 marzo 2024 -
LUGAR: Stuttgart (Alemania)
Información relacionada:
<https://www.dach-holz.com/>

ITIF ASIA 2024

FECHA: 07 - 09 marzo 2024 -
LUGAR: Karachi (Paquistán)
Información relacionada:
<https://www.itifasia.com/>

GLOBAL INDUSTRIE 2024

FECHA: 25 - 28 marzo 2024 -
LUGAR: Lyon (Francia)
Información relacionada:
<https://global-industrie.com/en/accueil>

SIMTOS 2024

FECHA: 01 - 05 abril 2024 -
LUGAR: Goyang (Corea del Sur)
Información relacionada:
<https://simtos.org/main/main.asp>

MACH 2024

FECHA: 15 - 19 abril 2024 -
LUGAR: Birmingham (Reino Unido)
Información relacionada:
<https://www.machexhibition.com/>

TUBE DÜSSELDORF 2024

FECHA: 15 - 19 abril 2024 -
LUGAR: Düsseldorf (Alemania)
Información relacionada:
<https://www.tube.de/>

DEUTSCHE BAUMPFLEGETAGE 2024

FECHA: 23 - 25 abril 2024 -
LUGAR: Múnich (Alemania)
Información relacionada:
<https://www.messeaugsburg.de/de>

NEPCON CHINA 2024

FECHA: 24 - 26 abril 2024 -
LUGAR: Shanghai (China)
Información relacionada:
<https://www.shexpocenter.com/>

FABTECH MÉXICO 2024

Fecha: 07 - 09 mayo 2024 -
Lugar: Monterrey (México)
Información relacionada:
<https://mexico.fabtechexpo.com/es>

INTERNATIONAL INDUSTRIAL FORUM 2024

FECHA: 28 - 30 mayo 2024 -
LUGAR: Kiev (Ucraina)
Información relacionada:
<https://www.shexpocenter.com/>

BIEMH 2024

FECHA: 03 - 07 junio 2024 -
LUGAR: Bilbao (España)
Información relacionada:
<https://biemh.bilbaoexhibitioncentre.com/>

LINCOLN[®]
ELECTRIC

BesterMIG 200-S

FÁCIL REGULACIÓN PARA UNA SOLDADURA PERFECTA

**NUEVO
SYNERGY**

El equipo profesional para los amantes del DIY

La nueva fuente de corriente BesterMig 200-S, dotada de la innovadora tecnología Synergy basada en la selección automática de los parámetros de soldadura, cambiará su percepción de la soldadura.

Con BesterMig 200-S no tendrá que preocuparse por el ajuste correcto de la corriente de soldadura, la velocidad de alimentación del hilo o el grosor del material, Synergy lo hace por usted garantizando una excelente calidad de soldadura a un bajo coste.

- **Equipo multiprocesos portátil**
- **Pantalla digital luminosa**
- **Dispositivos Arc Force y Anti-Stick**
- **7 programas sinérgicos incluidos**
- **Equipado de serie con antorcha MIG, pinza para electrodos y masa con cables de 3 m**

www.lincolnelectric.es

bester[®]
by Lincoln Electric

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 2023	Nieuw concept voor handmatig laserlassen – Henriëtte van Norel. (1 pag.)
JULIO 2023	Schweissen & Schneiden 2023 met alle marktleiders – Rolf Elling. (4 pags.)
SEPTIEMBRE 2023	Innovatie schuilt in details bij apparatenbower Schelde Exotech – Jerom Rozendaal. (4 pags.)
OCTUBRE 2023	XXL-lasspecialisme bij Niron Staal – Evert Bruinekool. (4 pags.)

Metalindustria

SEPTIEMBRE 2023	Impresión 3D en Automoción: cómo lo hizo Skoda Auto – PRUSA RESEARCH (3 pags.) Los mejores agujeros profundos con PCD– AYMA HERRAMIENTAS. (2 pags.)
------------------------	--

Rivista Italiana della Saldatura

MAYO-JUNIO 2023	Saldabilità dell'acciaio inox martensítico ST13TNiEL con diversi processi SAW – F. Ferro et al. (13 pags.) Applicazione della pallinatura per giunti saldati di ponti in acciaio in servizio – K. Kinoshita et al. (19 pags.) Introduzione allá metallurgia e allá saldabilità del nichel e delle sue leghe – G. Garbarino et al. (7 pags.)
------------------------	--

Biuletyn Instytutu Spawalnictwa

Nr 3/2023	<p>Zastosowanie analizy skupien do oceny spawalności stali niestopowych - Anna Szewczyk, Klaudia Górka, Adrian Wolski, Dariusz Fydrych. (7 pags.)</p> <p>Spawanie wiązka elektronów – złącza różnoimienne stali i stopów niklu - Piotr Sliwinski, Marek St. Weglowski, Krzysztof Kwiecinski. (12 pags.)</p> <p>Opracowanie technologii spawania złączy różnoimiennych miedzi z estalą austenityczną - Mateusz Sowa. (6 pags.)</p>
Nr 2/2023	<p>Wpływ przekuwania o wysokiej częstotliwości na własności złączy spawanych metoda MAG ze stali S960QL - Mateusz Przybyła, Jacek Górka. (8 pags.)</p> <p>Wytwarzanie konstrukcji stalowych według wymagań nowego wydania przepisu ZTV-ING – wybrane zagadnienia - Jerzy Kozłowski, Jakub Kozłowski. (5 pags.)</p>

Welding Journal

JULIO 2023	<p>Correlation between the Coarse- and Fine-Grained HAZ Hardness of X70 Pipeline SMA Welded Girth Welds - CGHAZ and FGHAZ hardness data from different SMAW passes were compared to determine their correlation - BY A. HINTZE CESARO, G. LEHNHOFF, AND E. WILLETT (5 pags.)</p> <p>Predicting Operating Windows for High-Frequency Induction Aluminum Tube Welding - Machine learning was applied to predict viable operating windows for high-frequency induction welding of aluminum tubes for radiators - BY S.-W. CHENG AND H. ZHANG (11 pags.)</p> <p>Diffusion Welding for TC4 Titanium Alloy/T2 Copper with Vanadium Foil - TC4 titanium alloy and T2 copper were welded by vacuum diffusion with vanadium as an interlayer to explore the influence of temperature and time - BY B. WU, H. DONG, Y. MA, P. LI, C. LI, L. HUANG, AND L. ZHANG (23 pags.)</p>
AGOSTO 2023	<p>Weld Geometry Prediction Based on Binocular Vision and Deep Learning - CNN structure was developed to predict weld size - BY S. Y. WANG, J. CHEN, C. Y. XIA, R. D. LI, W. B. ZHANG, AND C. S. WU (14 pags.)</p>
SEPTIEMBRE 2023	<p>Application of Digital Image Correlation in Cross Weld Tensile Testing: Test Method Validation – The objectives of this study included validation of DIC-instrumented, tensile testing methodology for use in CWTT and more - BY W. SIEFERT, B. ALEXANDROV, AND M. BUEHNER (10 pags.)</p> <p>Melting Characteristics of C-Type Filler Metal in GTAW – A C-type filler metal's effect on deposition rate, penetration depth, and metal transfer is analyzed - BY M. CHEEPU, H. J. BAEK, Y. S. KIM, AND S. M. CHO (16 pags.)</p> <p>Experimental Analysis on Ultrasonic Resistance Spot Welding of Aluminum Alloys – Ultrasonic vibration during resistance spot welding improved the mechanical properties and microstructure of dissimilar and similar aluminum alloy welds - BY H. KWON, U. SHAH, X. LIU, J. MALPICA, P. LESTER, AND H. BONAM (18 pags.)</p>
OCTUBRE 2023	<p>Power Density Distributions in Electron Beams – The EMFC electron beam measurement method FWe2 is compared to the ISO standard for a second-moment $D4\sigma$ calculation of the beam diameter - BY J. W. ELMER, A. T. TERUYA, AND G. GIBBS (15 pags.)</p> <p>Observation of Arc and Metal Transfer Behavior according to Shielding Gas in the WAAM of Ti-6Al-4V Alloy Using the Pulsed Gas Metal Arc Process – Arc physics, deposition characteristics, and the mechanism of spatter generation were elucidated - BY T. H. LEE, D. H. KAM, J. H. OH, AND C. KIM (14 pags.)</p>
NOVIEMBRE 2023	<p>Impact of Plate Thickness and Joint Geometry on Residual Stresses in 347H Stainless Steel Welds – 3D finite element models were used to investigate factors that can reduce stress relaxation cracking - BY Y. HONG, T. PICKLE, J. VIDAL, C. AUGUSTINE, AND Z. YU (13 pags.)</p>



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: 171/01

INGENIERO/A INTERNACIONAL DE SOLDADURA (IWE) – OFFSHORE (FENE – FERROL)

Funciones:

- Revisar los requisitos de soldadura de cada proyecto.
- Diseñar métodos y procedimientos de trabajo, así como cualificaciones de soldador, asegurando en cada proyecto el cumplimiento de los requisitos elaboración.
- Supervisar y/o revisar los registros de cualificación WPSS, WPQRS y WCQS tanto propios, como de proveedores.
- Dialogar con los diferentes clientes, llegando a acuerdos en la gestión de los registros e informes diarios.

- Realizar inspecciones periódicas y propuestas de mejoras técnicas y organizativas.
- Reportar y actualizar informes de seguimiento.

Requisitos mínimos:

- Ingeniería técnica o superior.
- Imprescindible Certificación Ingeniero/a Internacional de Soldadura (IWE).
- Imprescindible nivel alto de inglés.
- Experiencia de dos años realizando funciones similares.

Nº REFERENCIA: 171/02

Multinacional del sector ferroviario busca para su sede de Zaragoza un/a **INGENIERO/A INTERNACIONAL DE SOLDADURA**. Se ocupará de garantizar la calidad de las estructuras metálicas

fabricadas en los proyectos asignados. Se requiere de experiencia previa superior a los dos años en puesto similar: gestión de los estándares aplicables, coordinación de procesos de homologación de soldadores, generación de procedimientos de soldadura según estándares, evaluar el diseño de uniones y el proceso de soldadura óptimo a aplicar, etc. Se requiere inglés y disponibilidad para viajar.

Nº REFERENCIA: 171/03

Empresa de servicios con trabajos en el sector naval busca para su centro en Cartagena (Murcia) un/a **INSPECTOR/A DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS** con titulación de grado FP I (construcciones metálicas o similar).

Formación y conocimientos valorables:

Mínimo cualificación ICS nivel 1, deseable ICS nivel 2 s/UNE 14618; Inspección visual s/ISO 9712; Conocimientos en soldadura naval. Formación en materia de prl s/convenio metal. Deberá poseer una experiencia mínima de 2 años en inspección industrial (construcción naval y/o industria Offshore).

Otros conocimientos: Manejo de Office 365.

Las funciones del puesto serán:

Comprobación de que las uniones soldadas cumplen los requisitos establecidos.

Verificar las siguientes actividades:

- Procedimiento y equipos de soldeo.
- Cualificación de soldadores.
- Materiales base y aportación.
- Piezas y/conjuntos soldados.
- Ensayos no destructivos. Necesaria cualificación visual S/ISO 9712.
- Elaboración de informes.

Nº REFERENCIA: 171/06

INSPECTOR/A DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS

Importante empresa del sector naval y offshore selecciona para su delegación en Ferrol (Galicia) un puesto de inspector/a de construcciones soldadas.

Funciones:

- Inspección de materiales y equipos, elaboración de informes, cumpliendo con los requisitos y procedimientos.
- Registro y seguimiento de no conformidades y acciones correctivas.
- Realización de auditorías de productos y procesos.
- Tareas según planes de inspección de obra, seguimiento del plan de los puntos de inspección.

Requisitos:

- Ciclo formativo de grado superior.
- Experiencia de mínimo 1 año en control de calidad en obra y supervisión de soldadura.
- Inspector de Construcciones Soldadas Nivel II CESOL.
- Inspector Visual de Soldadura VT Nivel II.

Se ofrece:

- Integración en un grupo sólido y en expansión, con posibilidades reales de crecimiento profesional.
- Posición estable y retribución acorde a los valores aportados.

Nº REFERENCIA: 171/07

OFICIAL DE 1ª SOLDADOR/A DE TUBERÍA Y/O TANQUES METÁLICOS

Funciones:

- Montaje de tuberías de acero inoxidable en SCH10S, SCH40S, etc.
- Interpretación de planos.
- Soldadura mediante TIG de tuberías de acero inoxidable en SCH10S, SCH40S, etc., radiografiadas al 100%.
- Fabricación de tubería aislada por vacío.
- Manejo de puente grúa, amoladoras, taladros, plasma, sierra de cinta, toro y curvadora de tubos.

Requisitos:

- Imprescindible tener experiencia en montaje de tuberías (de acero inoxidable en SCH10S, SCH40S, etc.).
- Recomendable tener experiencia en soldadura TIG (Soldando tuberías de acero inoxidable en SCH10S, SCH40S, etc.).
- Interpretación de planos (Isométricos de tubería).
- Manejo de herramientas como amoladoras,

- taladros, sierra, plasma, grupos de soldar, etc.
- Valorable experiencia en instalaciones y equipos criogénicos.
- Disponibilidad para viajar a nivel nacional e internacional.
- Disponibilidad inmediata.

Formación:

- Técnico en soldadura y calderería.

Idiomas:

- Español obligatorio.
- Valorables conocimientos en inglés.

Se ofrece:

- Contrato fijo.
- Estabilidad laboral.
- Incorporación a un equipo dinámico altamente cualificado.
- Horario: Jornada intensiva de tarde 15:00-23.15 horas.
- Salario: 28-30.000€ brutos al año, según valía del candidato.

IMPORTANTE: Se realiza prueba técnica de soldadura en la entrevista.

Demanda de empleo:

Nº REFERENCIA: 171/04

Se ofrece: **Ingeniero / Inspector de Soldadura (IWE).**

Formación:

- Ingeniero Internacional y Europeo de Soldadura (EWE & IWE).
- Inspector Internacional y Europeo de Soldadura (EWI & IWI-C).
- Inspector Nivel 2 en ultrasonido UT-m y Radiográfico RT según ISO 9712.
- Graduado Ingeniero Civil.
- Master en Simulación Molecular.
- Master en Prevención de Riesgos Laborales (3 especialidades).
- Certificado Internacional como Técnico en Dirección de Proyecto IPMA nivel D.
- Certificado oficial Inglés nivel B1.
- Italiano natal.

Experiencia:

- 6 Años como Coordinador e Inspector de Soldadura en proyectos Oil&Gas en México, Israel, Jordania y Turquía.
- 4 Años como Ingeniero Investigador en el desarrollo de un Simulador de Soldadura con Realidad Aumentada.
- 7 Años como Ingeniero de Calidad y Seguridad en Obras civiles.
- 2 Años como Oficial del Cuerpo de Ingenieros en el Ejército Italiano.

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



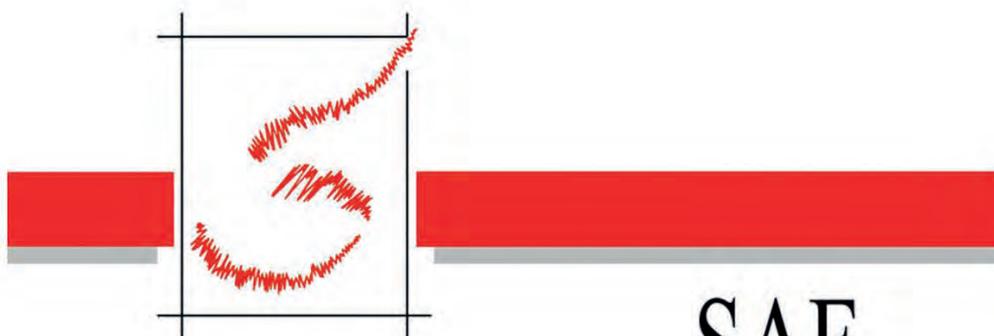


Miembro
de pleno derecho de
la Federación Europea
de END (EFNDT) y del
Comité Internacional
de END (ICNDT)

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.

Espacio donde las empresas del sector de Soldadura y Tecnologías de Unión, ofrecen al lector sus servicios en cada número para una mayor facilidad de búsqueda.



SAF

SISTEMAS AVANZADOS DE FORMACIÓN, S.A.U.

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



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™



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA
DE SOLDADURA Y
TECNOLOGÍAS DE UNIÓN

SPANISH WELDING
ASSOCIATION

CESOL



**AMPLÍA TUS
CONOCIMIENTOS
DE SOLDADURA**

**FÓRMATE
EN
ADHESIVOS**



CESOL 

C/ Condado de Treviño, 2 - Local F-31
28033 - MADRID

Tel: 914 758 307 - Fax: 915 005 377
E-mail: formacion@cesol.es
www.cesol.es