

WELDING JOURNAL

EN ESPAÑOL

ABRIL 2023



Construcción naval

**Avances en soldadura
submarina**

**Materiales y metal
de aporte**



American Welding Society®

Agentes de la AWS en México para Seminarios y Exámenes



Para más información

Capacitación y Pruebas

No Destructivas de México, CDMX

Teléfono: (55)5537-3306

claudia.alanis@capacitacionypnd.com

www.capacitacionypnd.com

Corporación Mexicana de Investigación

Salltillo, Coahuila

Teléfono: 844-4113200 EXT. 1212

Email: gibarra@comimsa.com

www.comimsa.com.mx

DALUS

Monterrey/Apodaca, NL

Teléfono: 81-8386-1717

Email: info@dalus.com

www.dalus.com

Instituto de Soldadura y Tecnologías de Unión (ISTUC)

El Marqués, Querétaro

Teléfono: 442-2201486

Email: daniel.rojas@istuc.com

www.istuc.com

Twilight S.A. de C.V.

Monterrey, NL

Teléfono: 81 81 15 1400

Email: cursos@twilight.mx

www.twilight.mx

aws.org/certification

ARTÍCULOS

16 Dos siglos de construir barcos

Sumérgase en la evolución de las embarcaciones a través de los años

J. Mirgain

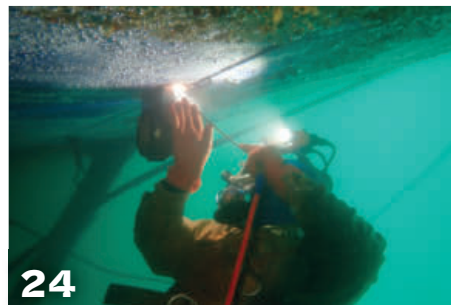


16

22 Una empresa que ahorra tiempo

Abriéndole las puertas a la manufactura aditiva en un proyecto de construcción de portaaviones navales.

R. Wilmoth, J. Nguyen, J. B. Schaeffer, y D. M. Douglass



24

24 Innovaciones bajo la superficie

Cómo los avances en la soldadura submarina continúan expandiendo sus aplicaciones

C. D. Levine y L. Shupe

28 Condiciones del material y selección del metal de aporte

Los alambres de soldadura con un alto nivel de desoxidantes pueden quemar los revestimientos del material y las impurezas

J. Balogh



28

32 Cómo hacer una soldadura por arco de metal protegido de calidad (SMAW)

Un instructor de soldadura demuestra cómo enseñar este proceso

B. Wall



32

SECCIONES

6 Editorial

7 Noticias de la industria

8 Preguntas y respuestas —
Aluminio

10 Preguntas y respuestas —
Acero inoxidable

12 Nuevos productos y literatura

39 Índice de anunciantes

ARTÍCULOS

35 Introducción a los consumibles SMAW Y SAW

Conozca las características de estos consumibles de soldadura

C. Cross y J. Peverelle

38 Garantía de calidad contra control de calidad

Se explican las diferencias y similitudes entre estos dos términos

D. Peterson



Crédito de la portada: Shutterstock.

OFFICERS

President Dennis K. Eck
Diversified Services & Solutions LLC

Vice President Michael A. Krupnicki
Rochester Arc + Flame Center

Vice President Richard L. Holdren
Welding Consultants LLC/ARC Specialties

Vice President D. Joshua Burgess
Tennessee Valley Authority

Treasurer Mary Bihrl
Consultant

Executive Director & CEO Gary Konarska II
American Welding Society

DIRECTORS

R. Ashelford (Dist. 13), Rock Valley College
T. Brosio (Dist. 14), Major Tool & Machine
D. E. Clark (Dist. 20), DEClark Welding Engineering PLLC
A. Classens (Dist. 4), A. E. Classens & Associates
J. Davis (Dist. 21), Consultant
R. Emery (Dist. 22), College of the Sequoias
M. Hanson (Dist. 15), Compass Electronics Solutions
R. E. Hilty (Dist. 7), Hilty Sign & Fabrication Co.
T. S. Holt (Dist. 18)
J. Jones (Dist. 16), Evergy Inc.
J. Jones (Dist. 17), Harris Products Group
T. Kinnaman (Dist. 1), T. C. Kinnaman Welding Solutions
T. Kostreba (Dist. 10), Erie High School

D. H. Lange (Dist. 12), Northeast Wisconsin Tech. College
S. Moran (Dist. 3), General Dynamics Electric Boat
W. F. Newell (At Large), Euroweld Ltd.
C. E. Pepper (Dist. 9), C. E. Pepper & Associates
D. Peterson (Dist. 5), Central Maintenance and Welding
N. Peterson (At Large), Miller Electric Mfg. LLC
W. R. Polanin (Past President), WRP Associates
S. Raghunathan (At Large), Saudi Aramco
R. W. Roth (Past President), RoMan Mfg. Inc.
K. Shatell (At Large), Pacific Gas & Electric Co.
L. E. Showalter (At Large), Newport News Shipbuilding
M. M. Skiles (At Large), Consultant
R. H. Stahura (Dist. 6), ESAB Welding & Cutting Products
K. Temme (Dist. 2)
P. I. Temple (Dist. 11), Welding Consultant
J. Thompson (Dist. 8), Consultant
B. Towell (Dist. 19), Industrial Inspection & Services LLC

WELDING JOURNAL en Español

Editor Carlos Guzman

WELDING JOURNAL

Publisher/Editor Annette Alonso

Editorial

Managing Editor Kristin Campbell

Sr. Editor Cindy Weihl

Associate Editor Katie Pacheco

Associate Editor Alexandra Quiñones

Education Editor Roline Pascal

Peer Review Coord. Brenda Flores

Publisher Emeritus Jeff Weber

Design and Production

Managing Editor, Digital and Design Carlos Guzman

Production Manager Zaida Chavez

Assistant Production Manager Brenda Flores

Advertising

Senior Sales Executive Scott Beller

Manager, Sales Operations Lea Owen

Subscriptions

Subscriptions Representative Marandi Gills

mgills@aws.org

aws.org

8669 NW 36 St., # 130, Miami, FL 33166-6672
(305) 443-9353 or (800) 443-9353

La AWS valora la diversidad, defiende prácticas equitativas e invita a sus miembros a establecer una cultura en la comunidad de soldadura para aprender y celebrar las diferencias entre las personas. La AWS reconoce que un compromiso de diversidad, igualdad e inclusión es esencial para alcanzar la excelencia en la Asociación, sus miembros y empleados.

Welding Journal en español (ISSN 2155-5559 impresa/print) (ISSN 2689-064X en línea/online). Lectores del *Welding Journal* en español pueden hacer copias de artículos para uso personal, educacional, e investigación, pero este contenido no se puede vender. Favor indicar crédito apropiado a los autores de los artículos. No obstante, los artículos marcados con asterisco (*) tienen derechos reservados y no se pueden copiar. Para más información, favor contactar a nuestro departamento editorial

ADIÓS A LAS SUPOSICIONES.
***APROVECHE LOS AHORROS
POR TIEMPO LIMITADO.***



Los nuevos sistemas de ranurado y corte por plasma Powermax SYNC® revolucionarán su manera de trabajar. El nuevo cartucho consumible de una sola pieza se coloca de manera fácil, proporciona una calidad de corte constante y simplifica las necesidades del inventario. La tecnología avanzada de la antorcha le permite controlar el sistema, para que desperdicie menos tiempo y produzca más piezas de alta calidad, siempre. Hay sistemas disponibles de 65, 85 y 105 A.

Únase a nosotros en **FABTECH MÉXICO**, del 16 al 18 de mayo de 2023
en la Ciudad de México, Centro Citibanamex, Stand 2509

Aumente su conocimiento sobre consumibles



Ben Pletcher,
Jefe de tecnologías
de soldadura y
miembro de Bechtel,
Bechtel Global Corp.

“Nuestra responsabilidad como profesionales de la soldadura que interactúan con consumibles puede incluir selección, desarrollo, pruebas procedimentales, adquisición o soldadura. Nuestros roles son vitales para asegurar la seguridad pública, pues la sociedad cuenta con que las soldaduras se comporten según lo prometido”.

Me honra esta oportunidad de escribir sobre consumibles de soldadura y cómo descubrir más sobre su adquisición, manufactura y aplicación. Soy testigo de la importancia de conocer la complejidad de los consumibles por mi trabajo en proyectos tanto de desarrollo de consumibles como de fabricación masiva a nivel mundial.

Los consumibles son críticos para quienes estamos en los sectores de la construcción, fabricación y manufactura en todos los niveles, desde microelectrónica hasta los puentes y plataformas marítimas más grandes. Nuestra responsabilidad como profesionales de la soldadura que interactúan con consumibles puede incluir la selección, el desarrollo, las pruebas procedimentales, la adquisición o la soldadura. Nuestros roles son vitales para asegurar la seguridad pública pues la sociedad cuenta con que las soldaduras funcionen según lo prometido. Me gusta decir que todos los profesionales en soldadura son metalúrgicos, pues la naturaleza de nuestro trabajo es diseñar, seleccionar o construir componentes mediante soldadura. Nuestro trabajo calienta y enfría los metales base, y tenemos la tarea de asegurar que el producto final conserve las propiedades de los materiales requeridas por diseño. Por lo tanto, debemos colaborar para brindar los productos más seguros y de la más alta calidad.

La AWS nos brinda las bases para aprender, comunicarnos abiertamente y mejorar continuamente la industria de la soldadura. Un excelente punto de partida para aprender más sobre los consumibles es mediante el *Manual de Soldadura*. El siguiente paso de compromiso puede ser mediante los estándares AWS A5, donde se describe con más detalle la química, los requerimientos de pruebas y el desempeño mecánico de los electrodos. Quizás usted se enfoque más en el diseño y en la construcción. En ese caso, los comités y subcomités AWS D pueden interesarle. Cualquiera que sea su experiencia con los consumibles, es importante saber que la organización brinda una ruta de aprendizaje mediante códigos y estándares publicados, el *Manual de Soldadura*, seminarios educativos y cursos de enseñanza. Por ejemplo, use AWS A3.0M/A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions* (Términos y definiciones estándar de la soldadura) para aprender definiciones y terminología estándar; AWS A5.01, *Welding and Brazing Consumables — Procurement of Filler Metals and Fluxes* (Consumibles para soldadura y soldadura fuerte — Adquisición de metales de aportación y fundentes), para pedir sus electrodos de manera fácil y consistente; AWS D1.1, *Structural Welding Code — Steel* (Código de soldadura estructural — Acero), para conocer sobre el acero estructural; o *American National Standards Institute* (ANSI) Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes* (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) Z49.1, Seguridad en soldadura, corte y procesos combinados), para seguridad y salud. La documentación de la AWS es desarrollada y mantenida mediante comités de voluntarios en diversos sectores de la industria. Unirse a un comité es una excelente manera de seguir aprendiendo y retribuirle a la siguiente generación.

Los fabricantes son también una buena fuente de información. Cuando usted sabe dónde se manufacturan sus productos, es más probable que encuentre un equipo de Investigación y Desarrollo que pueda responder sus preguntas. Los fabricantes se esfuerzan continuamente por mejorar sus consumibles para ofrecer la más alta productividad, desempeño de soldadura y experiencia del usuario, pues desean que usted tenga éxito con sus productos. Siempre he encontrado que la industria de la soldadura está consciente de que nuestra meta final es la seguridad pública, por lo que no dude en contactarlos.

La seguridad es la consideración principal en el desempeño de todo consumible. Protocolos de seguridad robustos desarrollan medidas proactivas para atender problemas conocidos con riesgos de humo, eléctricos y secundarios. Un programa de seguridad también ayuda a atender riesgos asociados con tecnologías emergentes, como los láseres manuales.

Prepárese para el futuro, pues la soldadura está aquí para quedarse con la AWS que recientemente cumplió 100 años. Los retos a futuro incluyen la transición energética con nuevos ambientes operacionales, consideración de emisiones de gases de efecto invernadero con métodos de soldadura, y tecnologías verdes del acero. Será emocionante ver nuevos proyectos en los sectores de la manufactura, transporte, infraestructura y energía, y su evolución y adaptación al mundo cambiante. [WJ](#)

FABTECH México 2023 vuelve a la Ciudad de México



FABTECH México se alterna cada año entre la capital del país y Monterrey. La exposición de este año contará con más de 350 expositores.

Miles de profesionales de la industria buscarán reunirse en FABTECH México, que este año tomará lugar del 16 al 18 de mayo, 2023, en el Centro Citibanamex en la Ciudad de México.

Con algo que ofrecer para cada asistente, el evento atrae desde presidentes y dueños de compañías, gerentes generales, compradores, e ingenieros, hasta técnicos, operadores y estudiantes. Es una oportunidad única de conocer, aprender, hacer contactos, y comprar, todo bajo un mismo techo.

FABTECH México es el evento de negocios más importante de la industria metalmecánica de Latinoamérica, con 18 años de solidez y prestigio que lo respaldan como un evento reconocido, y sobre todo con el respaldo de las asociaciones líderes del sector en Estados Unidos.

El evento cuenta con cuatro pabellones especializados y organizados entre soldadura, doblado y formado, fabricación y acabados industriales.

Un programa educativo será dirigido por compañías expositoras patrocinadoras y por reconocidos profesionales de la industria, cubriendo temas técnicos tales como automatización, corte, acabado, formado, fabricación, láser, software, estampado, y soldadura. Todas las sesiones ofrecen a los participantes la oportunidad de obtener conocimientos técnicos, descubrir mejores prácticas, y aprender de estudios de casos.

Para obtener más información y registrarse, visite mexico.fabtechexpo.com/es

Curso de soldadura por resistencia regresa a FABTECH México

Presentada por la RWMA (*Resistance Welding Manufacturing Alliance*) durante FABTECH México del 16 al 18 de mayo, 2023, la **Escuela de Soldadura por Resistencia RWMA** reunirá a expertos en soldadura por resistencia de clase mundial para brindar capacitación, compartir experiencias técnicas y ofrecer recomendaciones que han obtenido a lo largo de sus carreras. Este curso intensivo de dos días está repleto de sesiones informativas e instructivas, así como de la aplicación práctica de la teoría de la soldadura por resistencia, el equipo, los requisitos de la aplicación y más.

El primer día se enfocará en máquinas, materiales, electrodos, y sistemas y procesos de potencia; el segundo día abordará los temas de configuración de las máquinas, mantenimiento, estándares y controles de calidad. Un panel de preguntas y respuestas le permitirá a los estudiantes obtener comentarios del instructor sobre proyectos relacionados con el trabajo.



El curso intensivo de dos días ofrece variadas sesiones que cubren desde la aplicación práctica de la teoría de la soldadura por resistencia hasta la configuración de los equipos y más.

El curso está diseñado para técnicos, supervisores, gerentes de producción, operadores, capacitadores y educadores en todas las etapas de la carrera, desde principiante hasta avanzado.

Para obtener más información y registrarse, visite aws.org/rwma

P: tengo una pregunta relacionada con la soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida por gas (GTAW), de aluminio. ¿Por qué no logramos completar la penetración de raíz en algunas pruebas de soldadura en filete de junta en T? Esto se está detectando durante la prueba de macroataque requerida y la prueba de fractura usada para calificación de procedimiento de acuerdo con AWS D1.2/D1.2M, *Structural Welding Code – Aluminum (Código de soldadura estructural - aluminio)*. Estamos usando una fuente de poder Miller Dynasty® para soldar Metal Base 5086 de 3/8 de pulgada de espesor con Metal de Relleno 5356. Estamos usando electrodo de tungsteno puro de 5/32 pulgadas de diámetro, el cual rápidamente se abombo a partir de su punta original de 50 grados, con una frecuencia de corriente alterna (CA) de 120 Hz, y un ajuste de balance de 75/25 (75% electrodo negativo [EN]/25% electrodo positivo [EP]).

R: de acuerdo con los criterios de aceptación para la calificación de procedimiento de soldadura en filete en AWS D1.2, para pasar la prueba de macroataque y la prueba de fractura la soldadura de filete debe mostrar fusión completa con la raíz de la junta pero no necesariamente más allá. Este requerimiento pareciera como algo muy fácil de lograr; sin embargo, tanto para la soldadura por arco con electrodo metálico protegida por gas como para la GTAW, no es raro fallar una prueba debido a una penetración insuficiente de la raíz. La conductividad térmica tan alta del aluminio (cinco veces la del acero) es la razón principal de fusión incompleta en soldaduras de

aluminio. La fusión incompleta es una de las discontinuidades que se ven con más frecuencia, particularmente en soldaduras en filete. Para asegurar una penetración consistente de la raíz al hacer esas soldaduras en aluminio con el proceso GTAW, es muy importante controlar de manera correcta el charco de soldadura en la raíz de la junta mediante la configuración del equipo y la técnica de soldadura correcta.

He aquí algunas cosas sencillas relacionadas con la configuración del equipo y la técnica de soldadura que deben ponerlo en el camino correcto para pasar sus pruebas de examen de macroataque.

Selección del electrodo de tungsteno

El primer problema que veo está relacionado con la selección del electrodo de tungsteno. Las opciones de tungsteno para soldadura de CA con máquinas tradicionales de GTAW básicamente se limitan a tungsteno puro o zirconiado. Con cada uno de estos electrodos, la punta debe formar un hemisferio liso con un diámetro que no exceda 1.5 veces el diámetro del tungsteno. Sin embargo, las fuentes de poder de inversor modernas, como la que usted está usando, pueden aprovechar las mismas variedades de tungsteno para soldar en CA así como en corriente directa (CD). No debería usar un electrodo de tungsteno puro con su fuente de poder de inversor; debería usar tungsteno ceriado o lantano, pues mantienen un extremo mucho mejor. Además, yo afilaría el tungsteno a un extremo con un ángulo grande de rectificado, debido a que inicialmente cuando los electrones salen del tungsteno, salen a un ángulo de 90 grados con respecto a la superficie. Un ángulo mayor aportará a la raíz de la junta más penetración de raíz. Para cualquiera de estos electrodos, la punta debe prepararse como un extremo con una punta roma. Dependiendo de los ajustes de la máquina, esta punta puede redondearse ligeramente pero no

debe formar una esfera grande (como el tungsteno puro) si se dimensiona correctamente para el trabajo que se está haciendo. Cambiar a un electrodo de tungsteno ceriado o lantano y usar una punta aguda puede brindar una ventaja importante para ayudar a concentrar el arco de soldadura precisamente en la raíz de la junta para lograr una penetración consistente de la raíz.

Preparación del metal base antes de soldar

Asegúrese de que todo el óxido de aluminio en la junta y alrededor de ésta sea removido antes de soldar, especialmente en las superficies coincidentes de la junta en T. Con frecuencia el óxido de aluminio de esta área puede ser difícil de quitar, pero es necesario hacer el proceso de remoción antes del ensamble de la junta para acceder a esta área. Debido a que el óxido de aluminio se funde a una temperatura tres veces mayor que la temperatura a la que se funde el aluminio, el óxido de aluminio en esta área de la raíz puede dar lugar a una fusión incompleta.

Técnica de soldadura

Reduzca la adición de metal de relleno. Asegúrese de poder ver el área de la raíz de la junta del metal base fundiéndose antes de agregar metal de relleno.

Inicie la soldadura sólo con el arco (sin agregar metal de relleno). Vaya aumentando el amperaje hasta que vea la raíz de la junta fundida y hundida, luego agregue el metal de relleno, avance ligeramente, y espere hasta que la nueva sección de la raíz de la junta se funda y se hunda. Luego agregue más metal de relleno.

Un amperaje más alto y un ángulo de antorcha correcto son sus aliados y son algo importante para obtener una fusión/penetración consistente de la raíz. Aumentar el amperaje a más de 375 A le permitirá mantener una buena velocidad general de viaje sin tener que esperar demasiado antes de avanzar. Su

balance de 75% EN/25% EP y los 120 Hz son apropiados.

Asegúrese de no tener demasiado ángulo de viaje en la pasada de raíz. Un empuje de cinco grados le ayudará a dirigir más energía hacia la raíz de la junta. Más que eso puede hacer que el charco fluya demasiado al frente y actúe como un atenuador y absorba energía, lo cual disminuye la penetración de la raíz.

Resumen

Las máquinas GTAW tipo inversor (como la que usted está usando) tienen muchas ventajas con respecto a las máquinas de transformador tradicionales. Hablando en términos generales, el arco es mucho más estable y la salpicadura de tungsteno es menos común, lo cual también hace que las inclusiones de tungsteno sean menos frecuentes. Los inversores son capaces de un amplio rango de ajuste de balance para un control preciso de la remoción de

óxido y del calentamiento del electrodo. Pueden tener un amplio rango de ajuste de frecuencia, lo que permite un arco más enfocado y una controlabilidad mucho mayor. La forma de onda, que ya no está ligada con la energía principal, puede manipularse mediante software. La amplitud de la corriente puede ajustarse independientemente para cada polaridad de la onda de CA. Algunas máquinas incluso son capaces de generar diferentes formas de onda para cada polaridad de la onda de CA. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de estas máquinas permite el uso del mismo tipo de electrodo al soldar en CA así como en CD. Además, el electrodo comúnmente no necesita ser boleado como con las máquinas tradicionales de CA, pero puede mantener un extremo ligeramente romo. Todas estas características avanzadas, manipuladas por un operador conocedor y experimentado, pueden dar lugar a una cantidad sin precedente de control sobre el arco y las características

de la soldadura final. Si la máquina para soldar se ajusta correctamente, si se usa el electrodo de tungsteno más adecuado, si la junta de soldadura se prepara correctamente y si el soldador usa la técnica correcta, usted no seguirá teniendo problemas de penetración de la raíz. [WJ](#)

TONY ANDERSON es director de tecnología del aluminio en ITW Welding North America. Es miembro del Instituto Británico de Soldadura (*British Welding Institute (TWI)*) e Ingeniero Certificado Registrado con el Consejo Británico de Ingenieros (*British Engineer Council*). Ocupa varios cargos en comités técnicos de la AWS, incluido el de presidente del Comité AWS B2 en Calificación de Procedimientos y Desempeño (*Procedure & Performance Qualification*) y presidente del Comité Asesor Técnico para Soldadura de la Asociación del Aluminio (*Aluminum Association Technical Advisory Committee for Welding*). Es autor del libro *Welding Aluminum — Questions and Answers*, actualmente disponible en la AWS.



PIEZAS ORIGINALES DENGENSHA

Mantenga su equipo funcionando de manera fluida, con más eficiencia y con mayor duración.

Consumibles & Partes de Refaccionamiento

- Partes para pedestales/Soldadura por resistencia
- Partes para alimentadores de tuerca
- Partes para alimentadores de tornillo
- Partes para pistolas de soldadura

 **DENGENSHA MÉXICO**

dengensha.com
477-226-9327
Sales@dengensha.com

DESDE 1935



WONDER GEL
Gel limpiador y anticorrosivo para acero inoxidable

Buscamos distribuidores ¡contáctenos!

Soldadura tratada Soldadura original

Obtenga máxima protección contra la corrosión en acero inoxidable. La contaminación en la superficie puede reducir drásticamente la vida del acero inoxidable. Wonder Gel elimina impurezas difíciles, limpia las escorias más fuerte, elimina la descoloración causada por el calor, y le devuelve la capa protectora de óxido al acero inoxidable.

 **BRADFORD DERUSTIT**

BRADFORD DERUSTIT CORP.
21660 Waterford Dr. | Yorba Linda, CA 92887
ph 714.695.0899 | fax 714.695.0840
sales@derustit.com | www.derustit.com

P: AWS D1.6/D1.6M, *Structural Welding Code – Stainless Steel (Código de soldadura estructural – Acero inoxidable)* establece en la Cláusula 6.5.1 que “Los procedimientos de soldadura calificados usando cualquier metal base o combinación de metales base listados en la Tabla 5.2 deben calificar los demás metales base listados en la Tabla 5.2 así como a todos los metales base listados como M-8 en AWS B2.1/B2.1M, *Specification for Welding Procedure and Performance Qualification (Especificación para calificación de procedimiento y desempeño de la soldadura)*”. Para la calificación de “metales base de acero inoxidable que no sean los M-8 listados en AWS B2.1/B2.1M, debe hacerse una prueba de calificación de procedimiento de soldadura para cada número de material (M) o combinación de números M... El uso de metales base no listados en la Tabla 5.2 o en AWS B2.1/B2.1M debe ser aprobado por el Ingeniero y requiere calificación de procedimiento mediante pruebas de acuerdo con la Parte B”. Se está calificando un procedimiento de soldadura mediante pruebas con Acero Inoxidable 17-4 PH soldado a Acero Inoxidable 316. Dado que el 17-4 PH no está incluido en AWS D1.6 Tabla 5.2 y no está listado como un metal base M-8 en AWS B2.1, ¿la misma

prueba de calificación de procedimiento de soldadura también calificaría la soldadura de acero 17-4 PH a Acero Inoxidable 304 u otros metales base número M-8?

R: la respuesta sencilla es no. La siguiente explicación sobre calificación de acuerdo con AWS B2.1 y D1.6 será de utilidad para entender por qué..

AWS B2.1

AWS tiene un estándar de calificación común: AWS B2.1/B2.1M:2021 (Ref. 1). Muchos estándares AWS hacen referencia a AWS B2.1 para calificaciones, pero hay algunos que aún no lo hacen, como muchos de los códigos de soldadura estructural AWS D1, aunque AES D1.6 sí lo hace.

Hay cinco clases o tipos o básicos de aceros inoxidables con base en sus estructuras metalúrgicas: austenítico, martensítico, ferrítico, dúplex y endurecido por precipitación. La serie 300, incluidos los Aceros Inoxidables 304 y 316, son austeníticos mientras que el 17-4 PH es un acero inoxidable endurecido por precipitación.

AWS B2.1, Cláusula 4.3.12, establece lo siguiente: “Los metales base están agrupados con fines de calificación con base en soldabilidad, propiedades mecánicas similares, composición química y compatibilidad metalúrgica. A dichos grupos se les asignan Números M en el Anexo C” (Ref. 1). La Cláusula 3, “Términos y Definiciones” define un Número M o Número de Material como “[a] designación usada para agrupar metales base para calificaciones de procedimiento y desempeño consistente con la designación de Número P establecida por el Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión, Sección IX, pero la cual además incorpora materiales no reconocidos o usados

bajo las reglas de ASME (vea el Anexo C)” (Ref. 1).

La Tabla C.1 en el Anexo C de AWS B2.1 incluye los Aceros Inoxidables 304 y 316 como metales base Número M-8. La Tabla C.2 en AWS B2.1 y The Professional’s Advisor on Welding of Stainless Steels (La guía del profesional sobre soldadura de aceros inoxidables) (Ref. 2) identifican metales base Número M-6 como generalmente martensíticos, siendo algunos aceros inoxidables ferríticos, mientras que los metales base Número M-7 con aceros inoxidables ferríticos. Los metales base Número M-8 son aceros inoxidables austeníticos; los número-M-10H son aceros inoxidables dúplex; y los Números-M 10I, 10J y 10K son aceros inoxidables superferríticos. Algunos de los números M-45 incluyen súper-austeníticos. Sin embargo, actualmente no hay números M para aceros inoxidables endurecidos por precipitación en AWSB2.1.

Dado que 17-4 PH, a veces mencionado como Tipo 630 (Cláusula G6, Ref. 3), no tiene un Número M debido a que es un acero inoxidable endurecido por precipitación, éste tampoco está listado en AWS B2.1/B2.1M.

La Cláusula 4.3.13 de AWS B2.1 estipula, “Para la soldadura de metales base con Números M diferentes, debe hacerse una prueba de calificación de procedimiento para cada combinación de Números M que se vaya a unir” (Ref. 1). Dado que el acero 17-4 PH no está listado, esto no se aplica. La Cláusula 4.3.15 estipula, “Si un metal base no listado tiene la misma designación de número UNS [sistema de numeración unificado, por sus siglas en inglés] que un metal base listado en la Tabla C.1 y en la Tabla C.2, debe considerarse asignado a ese Número M” (Ref.1). El número UNS identifica al acero 17-4 PH como UNS S17400, pero ése tampoco está listado en AWS B2.1, por lo que esta estipulación no se aplica.

Este párrafo continúa con “Los PQR [registros de calificación de procedimiento, por sus siglas en inglés] para metales base no listados no deben usarse para sustentar una WPS [especificación de procedimiento de soldadura, por sus siglas en inglés] para soldar metales base listados, otros metales base no listados, ni viceversa”. Esto significa que una PQR para 17-4 PH sólo se calificaría a sí misma y no a la soldadura del acero 17-4 PH con otros Números M.

Por lo tanto, una calificación de procedimiento de soldadura de acuerdo con AWS B2.1 para soldar 17-4 PH a 316 sólo calificaría esa combinación. Soldar 17-4 PH a 304 requeriría una calificación separada..

AWS D1.6

De manera similar a otros códigos de soldadura estructural AWS D1, AWS D1.6/D1.6M:2017 (Ref. 3) permite el uso de especificaciones de procedimiento de soldadura precalificadas (PWPS, por sus siglas en inglés) en la Cláusula 5. Las especificaciones PWPS están exentas de los requerimientos de pruebas de calificación de procedimiento de la Cláusula 6. Todos los requerimientos en la Cláusula 5 deben cumplirse para la aplicación de las especificaciones PWPS. Sin embargo, la Cláusula 5.1 establece que la Cláusula 5 está limitada “... a metales base y metales de relleno de acero inoxidable nominalmente austenítico” (Ref. 3). La Tabla 5.2 cubre metales base aprobados para especificaciones PWPS, pero todos son aceros inoxidables austeníticos. Entonces, la Cláusula 5 no puede utilizarse para aceros inoxidables endurecidos por precipitación como por ejemplo el 17-4 PH, ni para combinaciones de aceros inoxidables austeníticos con otros metales base.

La Cláusula 4.1.3 en la edición 2007 de AWS D1.6 (Ref. 4) permitía calificaciones tanto de procedimiento como de desempeño usando AWS B2.1, pero requería la aprobación del ingeniero. En la edición 2017, esto se rectificó para permitir específicamente la calificación de acuerdo con AWS B2.1 sin la aprobación del ingeniero. La Cláusula 6.3.2, “Calificación de acuerdo con

otros estándares”, estipula lo siguiente: “Los procedimientos de soldadura calificados de acuerdo con AWS B2.1, Especificación para calificación de procedimiento y desempeño de soldadura, son aceptables para usarse en este código ... La aceptabilidad de los procedimientos de soldadura de acuerdo con estándares que no sean los listados anteriormente es responsabilidad del Ingeniero, los cuales se ejercerán con base en la estructura o condiciones de servicio específicas, o ambas” (Ref. 3).

La edición 2017 también incluye nueva información relativa a metales base más Números M que no están en ediciones previas. La Cláusula 6.5.1 (Ref. 3) aborda la calificación de metales base y estipula, “Los procedimientos de soldadura calificados usando cualquier metal base o combinación de metales base listados en la Tabla 5.2 debe calificar los demás metales base listados en la Tabla 5.2 así como todos los metales base listados como M-8 en AWS B2.1. Para la soldadura de metales base de acero inoxidable que no sean los M-8 listados en AWS B2.1, debe hacerse una prueba de calificación de procedimiento de soldadura para cada Número M o combinación de Números M ... El uso de metales base no listados en la Tabla 5.2 o en AWS B2.1/B2.1M debe ser aprobado por el Ingeniero y requiere calificación de procedimiento por pruebas de acuerdo con la Parte B”.

El Acero Inoxidable 17-4 PH está incluido en el Anexo D, Tabla D.1, de AWS D1.6 (Ref. 3), pero ése es un listado de metales de relleno recomendados para soldadura de diversos aceros inoxidables. Eso no significa que sea un material listado ni en AWS D1.6 ni en B2.1.

Similar a los requerimientos en AWS B2.1, una calificación de procedimiento de soldadura de acuerdo con AWS D1.6 para soldar 17-4 PH no listado a 316 sólo califica esa combinación. Esto no abarca otros metales base de la Tabla 5.2 ni otros Números M en AWS B2.1.

Resumen

La calificación de procedimiento para soldar Acero Inoxidable 17-4 PH a Acero Inoxidable 316 puede hacerse de acuerdo con AWS D1.6 Cláusula 6

o de acuerdo con AWS B2.1, pero esto sólo califica esa combinación de metales base y no metales adicionales en el Número M-8. También considere que AWS D1.6 (Ref. 3) requiere aprobación del ingeniero para el uso de un metal base no listado, como el 17-4 PH.

Debe observarse que AWS B2.1 establece lo siguiente en el Anexo C, C.2: “La agrupación por categorías no implica que los metales base puedan sustituirse por otros metales base dentro del mismo Número de Material (Número M) sin consideración de la soldabilidad” (Ref. 1). Siempre corresponde al ingeniero evaluar los metales base que se van a usar. De igual manera, AWS D1.6, Cláusula 1.5.1, estipula que “El Ingeniero puede agregar, borrar o modificar de cualquier otro modo los requerimientos de este código para cumplir los requerimientos particulares de una estructura específica ... Los requerimientos alternos deben basarse en la evaluación de idoneidad para el servicio ... Todos los requerimientos que modifiquen este código deben incorporarse en los documentos del contrato” (Ref. 3). [WJ](#)

Referencias

1. AWS B2.1/B2.1M:2021, *Specification for Welding Procedure and Performance Qualification*. 2021. Miami, Fla.: American Welding Society, páginas 3, 8, 79; Tablas C.1, C.2.
2. *The Professional's Advisor on Welding of Stainless Steels*. 1999. Miami, Fla.: American Welding Society, página 85.
3. AWS D1.6/D1.6M:2017-AMD1, *Structural Welding Code — Stainless Steel*. 2017. Miami, Fla.: American Welding Society, páginas. 3, 23, 79, 269; Tablas 5.2, D.1.
4. AWS D1.6/D1.6M:2007, *Structural Welding Code — Stainless Steel*. 2007. Miami, Fla.: American Welding Society, página 73.

RICHARD D. CAMPBELL, PhD, P.E., es miembro de Bechtel y especialista técnico en soldadura en Bechtel Corp., Houston, Texas. Fue presidente de AWS D1K Subcomité en Acero Inoxidable y miembro de varios comités de la AWS. Además es Inspector de Soldadura Certificado Senior de la AWS y Educador de Soldadura Certificado.

Consumible en cartucho que facilita el corte con plasma



El consumible en cartucho de una sola pieza HPR® funciona con los sistemas de plasma HPRXD® para simplificar el corte con plasma y la capacitación para los fabricantes, talleres y manufactureros que batallan para llenar sus vacantes. Hace más eficiente el corte con estos sistemas de plasma al reducir el costo del tiempo improductivo por errores de selección de consumibles y el tiempo que se invierte en manejo y cambios de consumibles. El cartucho no requiere cambios al sistema ni ajustes del sistema, lo que permite a los operadores cambiarlo en segundos sin usar herramientas. Reemplaza la pila tradicional de consumibles de cinco piezas con una parte perfectamente alineada que dura más y brinda una mayor calidad de corte de alta definición. Además, facilita el manejo de consumibles y el ensamble al eliminar errores causados por un mal manejo o instalación. El cartucho viene en tres amperajes (80, 130 y 260 A) para corte de acero suave.

Hypertherm Associates
hyperthermassociates.com

Alambre de soldadura recubierto con cobre que permite la GMAW en alto volumen

El alambre sólido recubierto con cobre Purus™ brinda un desempeño consistente de la alimentación y de la soldadura, lo que aumenta el tiempo productivo de la soldadura en aplicaciones robóticas de soldadura por arco con electrodo metálico

protegida por gas (GMAW) y GMAW pulsada. Su recubrimiento de cobre reduce el desgaste del orificio de la punta de contacto, el descascarillado del cobre y puntas y guías obstruidas. Además, el alambre de soldadura logra consistencia de un lote a otro debido al control más estricto de las materias primas y del proceso de manufactura. Además brinda una buena acción de humectación para que el charco de soldadura fluya con una transición suave en el pie de soldadura. Esto crea un mejor perfil de cordón y apariencia de la superficie que reduce/elimina la necesidad de mecanizado o rectificado de la soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida por gas para eliminar concentraciones de esfuerzo. El alambre de soldadura está disponible en diámetros de 0.030 a 1/16 de pulgada (0.8 a 1.6 mm). Se vende en carretes de 40 lb (18 kg) y en sistemas de alambre a granel Marathon Pac™ de 550 and 1100 lb (250 y 500 kg). También se ofrece en dos formulaciones: Purus 42 y 46. Purus 42 está clasificado como un AWS A5.18/A5.18M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding (Especificación para electrodos y varillas de acero al carbón para soldadura por arco protegida con gas)*, y alambre de soldadura ER70S-6/EN ISO 14341-A G3Si1, y cumple todos los requerimientos técnicos para un alambre ER70S-6. Esta clasificación permite a los usuarios cambiar alambres sin recalificación. Purus 46 es un alambre para soldadura sólido AWS A5.18/A5.18M ER70S-6/EN ISO 14341-A G4Si1 y tiene un



contenido de manganeso y silicio ligeramente mayor para aumentar la resistencia del metal de soldadura.

ESAB Welding & Cutting Products
esab.com

Ruedas de rectificado adecuadas para materiales suaves



Las ruedas delgadas Norton for Aluminum hacen corte y rectificado en ángulo recto de aluminio y de otros metales suaves no ferrosos. Su grano de óxido de aluminio extra-desintegrable y con auto-afilado da como resultado un corte rápido y vigoroso que resiste carga y minimiza el calor en la pieza de trabajo. Las ruedas tienen un cubo de 5/8-11 pulgadas para cambios de rueda rápidos sin herramientas; aglomerado libre de contaminantes que no requiere ceras ni lubricantes, lo que ayuda a mantener las superficies metálicas limpias para una soldadura sin defectos ni corrosión; y una construcción de doble capa áspera que aporta más versatilidad para aplicaciones de rectificado posterior y ranurado. Las ruedas están diseñadas para los siguientes sectores de la industria: fabricación de metal y aluminio, construcción de barcos, sector automotriz y de transporte, aeroespacial y de la construcción. Vienen en 1/4 de pulgada, rectificado, tipo 27; 1/8 de pulgada, corte/ranurado/rectificado, tipo 27; 0.045 pulgadas, corte en ángulo recto, tipos 0¹/₄₁ y 2⁷/₄₂; y corte recto, tipo 0¹/₄₁.

Norton | Saint-Gobain Abrasives
nortonabrasives.com

Simulador de soldadura para capacitación que requiere menos espacio

El simulador compacto de realidad virtual (VR) VRTEX® 360 brinda capacitación

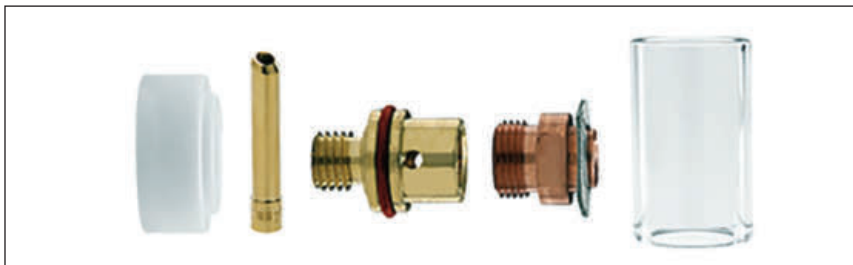


asequible y amigable con el ambiente para estudiantes. La máquina de mesa viene con el mismo software y ventajas que otros modelos de capacitación VRTEX, pero en un tamaño menor para reducir el espacio requerido para la capacitación. Las escuelas pueden establecer fácilmente laboratorios de soldadura virtual mediante la compra del entrenador compacto agrupado en cinco, diez, 15 ó 20 unidades. Equipada con modo principiante/saltar, la máquina permite un acceso rápido a juntas de soldadura usadas comúnmente y facilita las demostraciones. Además, les da a los estudiantes una experiencia de inmersión multisensorial en un ambiente controlado. Con la máquina, los estudiantes pueden adquirir confianza y dominio al entrenarse de manera segura en diversas situaciones y orientaciones virtuales. También les permite a los estudiantes practicar soldadura repetitiva sin invertir tiempo en puntear placas y tirar desechos para procesos de soldadura por arco con electrodo metálico protegida con gas, de tungsteno protegida con gas y de núcleo de fundente. Mantiene el interés del estudiante al agregar componentes visuales y auditivos altamente realistas al modelo tradicional de enseñanza en aula.

The Lincoln Electric Co.
lincolnelectric.com

Kits para gas que aumentan el ahorro

Los kits Gas Saver Kits™ mejoran la visibilidad y ahorran hasta 40% de argón. Los kits con copas de vidrio vienen en tamaños de diámetro estándar y grande para antorchas de la serie 2, 3 y 4. Su diseño patentado permite el flujo columnar de gas y la cobertura



Herramientas de moleteado y marcado que se adaptan a diversas superficies



Las herramientas de moleteado y marcado QUICK® hacen posible estampar piezas de trabajo en diversas superficies y geometrías de partes en segundos. Mediante segmentos individuales de marcado, el texto de marcado puede personalizarse de manera individual. Las herramientas están disponibles en dos diámetros para letras intercambiables y logos personalizados. Están diseñadas para aplicaciones que requieren precisión absoluta y excelente calidad de superficie. Pueden usarse en diversos sectores de la industria, que incluyen el sector médico, el aeroespacial, el automotriz y el de los aparatos para ejercicio. Tanto para el moleteado de forma como para el moleteado de corte, las herramientas cumplen los estándares de calidad más exigentes y llevan a cabo tareas difíciles. Las herramientas de moleteado están disponibles para usarse en diversos diámetros de piezas de trabajo, incluidas herramientas pequeñas para tornos tipo suizo desde Ø 1.5 mm.

Hommel + Keller Precision Tools GmbH
hommel-keller.de
 +49 7424 9705-0

sin problema de gas sobre la soldadura. Los kits incluyen protección térmica, pinza de sujeción, cuerpo de la pinza de sujeción, pantalla del adaptador de tungsteno y copas de vidrio o alúmina.

CK Worldwide
ckworldwide.com



Fabricando Alambres con centro fundente para soldadura

Cobalto

Níquel

Revestimientos duros

Inoxidable

Aleaciones

Acero para herramientas

Mantenimiento

Aleaciones forjadas

Aleaciones por orden especial



COR-MET, INC.

12500 Grand River Rd.

Brighton, MI 48116

PH: 800-848-2719

FAX: 810-227-9266

www.cor-met.com

sales@cor-met.com

Línea de antorchas de corte que agrega opciones de mezclador de presión igual

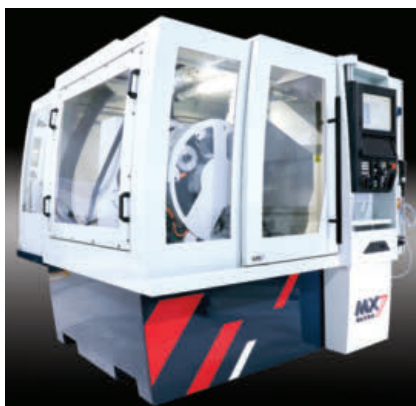
La línea de antorchas manuales de corte recto 62-5 V-Series® incluye opciones con mezcladores de presión igual. Sin importar el tipo de gas que se esté usando, la versión con mezclador de presión igual puede usarse con puntas cónicas ya sea estilo Victor® o Harris. Esto les permite a los clientes actualizar la antorcha de corte y conservar la punta. Otras características de las antorchas incluyen la capacidad de cortar materiales de hasta 12 pulgadas (304.8 mm) de espesor. Vienen en longitudes de 21 a 72 pulgadas (533.4 a 1828.8 mm) para diversas necesidades de corte y calentamiento. Al ofrecer un bajo costo por corte y tiempos rápidos de precalentamiento, las antorchas de corte



reducen la necesidad de rectificado y retrabajo. Además, tienen una cabeza forjada y están disponibles en ángulos de cabeza de 70, 90 y 180 grados. Sus palancas están hechas de latón sólido para una larga vida de servicio. Para optimizar la seguridad, la línea de antorchas de corte está equipada con válvulas de retención FlashGuard® que evitan el flujo inverso de gases para una mayor seguridad. Diseñada para ambientes

hostiles, la línea ofrece antorchas de corte para la mayoría de los gases combustibles o combustibles alternos. Son adecuadas para trabajos de alta capacidad, corte de material grueso y calentamiento. También son de uso común en deshuesaderos, astilleros, patios ferroviarios de maniobras y acererías.

Harris Products Group
harrisproductsgroup.com



Máquina CNC que produce herramientas de corte

La máquina CNC MX7 ULTRA produce grandes volúmenes de fresas y otras herramientas de corte. Al ofrecer un eje nanométrico, la máquina puede mantener una exactitud de forma de línea de ± 0.002 mm para cualquier perfil que incluya fresas de esquina redondeada y punta redondeada, las cuales se usan ampliamente en los sectores aeroespacial y de generación de energía. Cuenta con software, hardware y características de diseño que mejoran el acabado de superficie, la exactitud y la car-

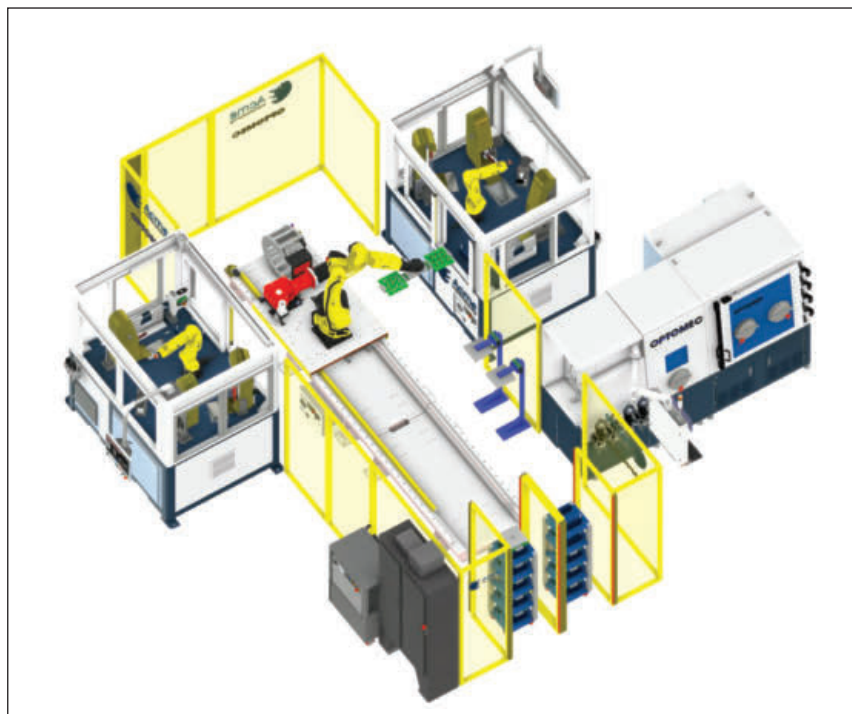
tera controlada, lo que brinda consistencia de lote desde la primera herramienta hasta la número mil. Además tiene un sistema de control nanométrico, un algoritmo de servo-control para un movimiento suave, actualizaciones mecánicas y de sistema para una mejor resistencia y rigidez, medición durante el proceso, compensación de carrera y balanceo para una exactitud consistente y control de temperatura del motor para compensar la expansión térmica en el eje de rectificado.

ANCA
anca.com

Celda de trabajo diseñada para la reparación aditiva de partes de turbina

La celda de trabajo totalmente automatizada para la reparación aditiva de partes de turbina tiene una capacidad de reparación de 85,000 álabes de compresor de titanio al año. Está optimizada para reparar álabes de compresor de aviación hechos de titanio. La solución llave en mano incluye integración sin problema de las funciones de preparación, reparación aditiva y acabado. La celda de trabajo para nivel inicial consta de tres estaciones que permiten rectificado de punta de álabe, revestimiento aditivo láser 3D y acabado pos-revestimiento. Además incluye una estación de carga/descarga de tarimas, una estación de volteo de tarimas y un sistema robótico de manejo de material. Cada máquina en la celda de trabajo es capaz de ajustar automáticamente trayectorias de herramienta para adaptarse a las variaciones entre álabes que se originan por el desgaste y la distorsión normal durante el servicio.

Optomec Inc.; Acme Mfg.
optomec.com; acmemfg.com





¿LISTO PARA TOMAR EL SIGUIENTE PASO?

La AWS ofrece nueve categorías de certificaciones para servir a todos los segmentos de la industria de soldadura y ayudarlo a alcanzar sus metas.

CERTIFIQUESE POR LA AWS HOY

Visite aws.org/certified para más información

Dos siglos de CONSTRUIR BARCOS

Sumérjase en la evolución de las embarcaciones a través de los años

POR JERRY MIRGAIN

La construcción de buques y barcos se remonta a miles de años, con sus raíces documentadas por imágenes de los antiguos egipcios de buques en jarrones y en tumbas. A través de los siglos, la construcción de barcos ha vivido muchos cambios. Siga esta cronología de los barcos de antaño para conocer sobre su desarrollo desde madera, pasando por hierro, hasta acero y más.

La fragata solitaria

En agosto de 2022 un comunicado de prensa reportó que *Fincantieri Marine Group* en la zona noreste de Wisconsin estaba cortando acero para la *United States ship (USS) Constellation*, la primera de una nueva clase de fragatas, un tipo de barco de guerra (Ref. 1). Se espera que esté en servicio para el 2026. Sin embargo, hasta la fecha los Estados Unidos tienen solamente una fragata en servicio, *USS Constitution*.



Fig. 1 — El USS Constitution, también conocido como Old Ironsides, en 2006. Es la única fragata en servicio de Estados Unidos y el barco a flote más antiguo del mundo. (Foto cortesía de U.S. Navy, USS Constitution Public Affairs.)

Old Ironsides (Fig. 1) se construyó en el astillero de Hartt, propiedad del maestro carpintero Edmund Hartt, en el noreste de Boston (1794-1797).

La quilla de roble blanco del barco se instaló en noviembre de 1794. Fue la culminación de la destreza y la prudencia de los Estados Unidos aplicada a miles de años de tradición en la construcción de barcos. Los barcos clase *USS Constitution* eran más grandes que las fragatas de la época para permanecer en batalla contra los barcos británicos de la línea (barcos de guerra navales). *Constitution* tenía reforzadores diagonales para soportar el peso de sus 44 armas sin colapsarse.



Fig. 2 — El USS Constitution se construyó con roble vivo formado de manera natural única de Norteamérica. (Foto cortesía de Jerry Mirgain, 2018.)

Se incorporaron materiales de madera no disponibles fuera de Norteamérica. Los mástiles y vergas del barco eran de pino blanco del este, y sus cubiertas eran de pino de hoja larga. El encofrado estaba sujeto a bastidores de roble vivo formados de manera natural (Fig. 2) con unas 150,000 espigas de acacia negra (clavijas).

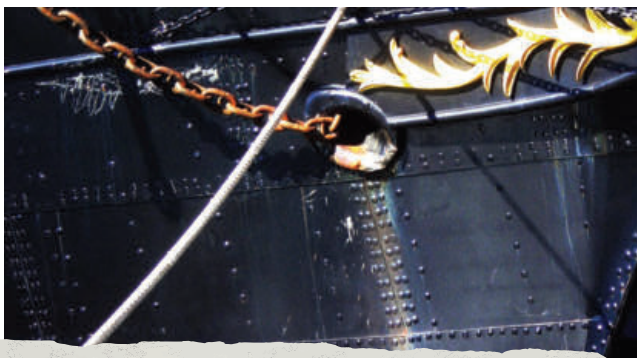


Fig. 3 — Detalle de proa remachada del barco de vela de hierro James Craig, Sydney Harbor, Australia. (Foto cortesía de Jerry Mirgáin, 2005.)

Barcos de fierro

La adopción del fierro como reemplazo del acero ocurrió a lo largo de muchos años conforme mejoró la capacidad de la herrería. Por décadas, sólo se hicieron de hierro artículos y aditamentos pequeños. Luego, elementos más grandes como el revestimiento de fierro se fijaron a la madera con clavijas de fierro que reemplazaron a las clavijas de madera. Eventualmente, el encofrado de roble fue reemplazado por encofrado de fierro fijado a bastidores de madera. Finalmente, encofrados de fierro se remacharon a bastidores de fierro.

Por más de 20 años a partir de la década de 1870, cuando el vapor desplazaba a las velas y el fierro reemplazaba a la madera en los barcos, los barcos de vela de fierro siguieron funcionando en viajes largos de transporte, como por ejemplo de Inglaterra a Australia, pues los barcos de vela seguían siendo más rápidos y el almacenamiento de combustible ocupaba espacio de carga. El James Craig (Fig. 3), construido por Bartram, Haswell & Co. (más tarde Bartram & Sons), Sunderland, Inglaterra, en 1874, era de dicho tipo de navío.

Viabilidad y disponibilidad del acero (década de 1870)

Conforme los Estados Unidos se expandieron hacia el oeste, se necesitó un paso a nivel del Río Mississippi en St. Louis, Missouri. La ciudad también necesitaba que fuera un cruce de vagones y peatones hacia el centro de la ciudad. Los intereses de los buques de vapor demandaban que tuviera



Fig. 4 — Los electrodos sumergidos de Oscar Kjellberg desplazaban O_2 con CO_2 producido durante la soldadura. (Foto cortesía de ESAB Corp., 1907.)

suficiente altura para permitir el tráfico por el río sin obstáculos. El Eads Bridge, una estructura de acero tubular de tres arcadas conocido como el primer puente de acero del mundo, se terminó en 1874 (Ref. 2). Andrew Carnegie, quien financió el puente, luego abrió su Edgar Thomson Steel Works en Braddock, Pensilvania, el año siguiente. El acero reemplazó al fierro en la construcción de barcos, pero los métodos de ensamble remachado continuaron.

Viabilidad y disponibilidad de la soldadura por arco eléctrico (1907)

De la década de 1860 en adelante, varias personas en diversos países estudiaron y patentaron variaciones del proceso de soldadura por arco eléctrico que no produjeron resultados de soldadura satisfactorios. En 1904, el ingeniero sueco de embarcaciones Oscar Kjellberg también experimentó. Formó la compañía Elektriska Svetsnings-Aktiebolaget, la cual, como era de esperarse, adoptó el acrónimo de ESAB. En 1907, ideó un método sencillo de recubrimiento por inmersión (Fig. 4) para producir varillas de relleno que desplazaran oxígeno en el arco con dióxido de carbono durante la soldadura por arco. La importancia industrial de esta invención se mantuvo prácticamente desapercibida por más de una década.



Fig. 5 — El primer navío de clase totalmente soldada aprobado de Lloyd, construido en 1921 (Foto cortesía de Jerry Mirgáin, 2009.)

Durante la Primera Guerra Mundial, Comfort A. Adams, un ingeniero eléctrico americano, ayudó a formar el Comité de Soldadura de la Emergency Fleet Corp., el cual se enfocaba en la soldadura en barcos. Después de la guerra (1919), el Dr. Adams y otras personas fundaron la American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura). En Inglaterra, en 1920, el Registro de Lloyd agregó la soldadura total (all-welding) como un método aceptado de ensamble de barcos. Luego Kjellberg puso en operación un navío totalmente soldado, el ESAB IV (Fig. 5), el cual se convirtió en la primera embarcación aprobada de Lloyd en la nueva clase totalmente soldada.

Entre la Primera y la Segunda Guerra Mundial, el remachado permaneció como el método elegido para la construcción de barcos de acero. El Steamship (SS) America, construido justo antes de la Segunda Guerra Mundial para el traslado trasatlántico de pasajeros, era todavía de construcción remachada. (En 1976, tuvo el privilegio de navegar en el SS America, renombrado SS Australis, de Australia a Inglaterra.)

La Segunda Guerra Mundial

El número sin igual de barcos que se necesitaron durante la Segunda Guerra Mundial requirió que Estados Unidos encontrara nuevas maneras de construir muchos barcos más rápido que nunca antes. Las mujeres se unieron a la fuerza laboral de la construcción de barcos – Fig. 6. Obstáculos raciales, de género y étnicos se suspendieron en la construcción de barcos y nacionalmente. La *U.S. Maritime Commission* (Comisión Marítima de Estados Unidos) estableció operaciones de



Fig. 6 — Barco de libertad, soldadora E. E. McKennon en el astillero J.A. Jones Construction Co., Brunswick, Georgia, 1943. (Foto cortesía de Kenan Research Center en el Atlanta History Center.)



Fig. 7 — Barco rompehielos Coast Guard Cutter (CGC) viento oeste, 81°N. Construido en Long Beach, California, 1941-1942. (Foto cortesía de Jerry Mirgain, 1966.)



Fig. 8 — Buque de guerra Missouri de visita en Sydney, Australia, enero 1986. Construido en el astillero naval de Brooklyn, Nueva York, 1941-1944. (Foto cortesía de Jerry Mirgain.)

construcción de barcos en vías navegables por todo el país, de donde resultaron, entre otros, los siguientes:

- El *Icebreaker* (Fig. 7) en el cual serví, fue construido por *Western Pipe and Steel* en Long Beach, California.
- El *USS Carlinville*, en el cual sirvió mi padre en el Pacífico, fue construido cerca de Chicago, Illinois.
- El antiguo *USS Buncombe County D-Day Landing Ship, Tank (LST-510)*, el cual actualmente sirve como ferry de Connecticut a Long Island, se construyó a lo largo del Río Ohio en Indiana
- El buque de guerra *Missouri* (Fig. 8), en el cual la guerra terminó oficialmente, se construyó en el astillero Brooklyn Navy Yard, Nueva York.

En la Costa Oeste, siete astilleros principales de Henry J. Kaiser introdujeron nuevos métodos de ensamble modular que redujeron sustancialmente los tiempos de producción y los costos. Los métodos de ensamble modular de Kaiser fueron adoptados nacionalmente, y el ensamble remachado de barcos se abandonó en pos de la soldadura.



Fig. 9 — Un buque Higgins varado al sureste de Grecia, 1965. (Foto cortesía de Jerry Mirgain.)

También se empleó la soldadura por arco sumergido (SAW). El proceso SAW parece haberse inventado más de una vez. La *National Tube Co.* de Pensilvania desarrolló el proceso para su fabricación de tubos, y fue patentado ahí en 1930. También se patentó en Ucrania en 1935. El proceso se conoció inicialmente como *Unionmelt™* en los Estados Unidos. El proceso SAW y los electrodos de soldadura por arco de metal protegido reemplazaron al ensamble remachado en los tanques Sherman. Se encuentra muy poca literatura para SAW en barcos durante la Segunda Guerra Mundial, pero en una carta con fecha de 28 de mayo de 1943, el presidente de Estados Unidos Franklin D. Roosevelt escribió lo siguiente al primer ministro de Reino Unido Winston Churchill:

“... desarrollado la técnica de soldadura que nos permite construir un barco mercantil estándar con una velocidad sin igual en la historia de los barcos mercantiles”.

Es claro que se estaba refiriendo al proceso de arco sumergido.

Estados Unidos construyó 5300 barcos soldados identificados durante la Segunda Guerra Mundial.

Otro esfuerzo de guerra

Andrew Jackson Higgins, un empresario americano, previó una escasez de acero debido a la inminente Segunda Guerra Mundial. Su compañía compró y almacenó toda la producción nacional de caoba de Filipinas de 1939. Diseñó una nave de desembarque de tropas de 36 pies (11 metros), la presentó y ganó el contrato para producirla. Empleó a más de 85,000 trabajadores, y su fábrica de Nueva Orleans, Luisiana, construyó más de 23,000 buques de desembarque de embarcaciones, vehículos y personal (LCVP, por sus siglas en inglés). Dwight Eisenhower le dio el crédito a Higgins de hacer posible la invasión del Día D (Desembarco de Normandía). La Figura 9 muestra un bote Higgins, fotografiado desde el buque *Coast Guard Cutter* (CGC) viento oeste, varado en Grecia en 1965.

La posguerra de la segunda guerra mundial: el SS *United States*

En 1949, el gobierno de Estados Unidos patrocinó y *United States Lines* ordenó un nuevo crucero oceánico que competiría en el traslado trasatlántico de pasajeros con los barcos *Royal Mail Ship* (RMS) *Queen Mary* y *RMS Queen Elizabeth*. Este nuevo barco, SS *United States* (Fig. 10) fue diseñado por William Francis Gibbs y construido en el astillero *Newport News Shipyard* en Virginia. Aprovechando la capacidad y experiencia adquirida durante la Segunda Guerra Mundial, el SS *United States* se convirtió en el crucero oceánico más grande construido en Estados Unidos, así como en el crucero oceánico más rápido del mundo. El casco totalmente soldado reducía la fricción en movimiento en comparación con la construcción remachada. Una superestructura de aluminio bajaba su centro de gravedad. Se requería menos estructura de acero para soportar la superestructura de aluminio. El desplazamiento se redujo radicalmente ((~ 47,000 toneladas americanas (~ 43,000 toneladas métricas) para el SS *United*



Fig. 10 — Las pruebas de mar del SS *United States*, 1953. (Foto cortesía de la Colección Charles Anderson de Conservación del SS *United States*.)



Fig. 11 — El SS *Canberra*, Circular Quay, Sydney, Australia, “The Great White Whale” (la gran ballena blanca) tenía una superestructura de aluminio totalmente soldada. (Foto cortesía de la Colección de embarcaciones John Ward, enero 1984.)

States en comparación con ~ 77,000 toneladas americanas (~70,000 toneladas métricas) del *RMS Queen Mary*.) En el viaje inaugural del barco, éste ganó la Banda Azul para el cruce oceánico más rápido de Nueva York a Inglaterra. Ningún crucero oceánico ha batido su récord.

Soldadura de aluminio

Durante la Segunda Guerra Mundial, se introdujo de manera comercial el proceso de soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida por gas denominado Heliarc™, inicialmente para soldar magnesio. También se encontró que era adecuado para soldar aluminio. En 1948, se introdujo una máquina de soldadura por arco con electrodo de alambre continuo protegida por gas inerte específicamente para soldar aluminio. La Aircomatic™ de 1948 pudo haber sido la primera máquina comercial de soldadura por arco con electrodo metálico protegida por gas, aunque no era adecuada para acero.

De hecho, había muy poca soldadura de aluminio hecha en la superestructura 6XXX del SS *United States*. En 1956, *Harland and Wolff*, el astillero en Belfast, Irlanda del Norte, que construyó el *Titanic*, construyó el SS *Canberra* (Fig. 11), el cual fue ordenado por la empresa *Peninsular and Oriental Steam Navigation Co.* (P&O). Se le puso la quilla al barco en 1957, éste fue botado en 1960, y entró en el servicio de Inglaterra a Australia en 1961. El *Canberra* tenía una superestructura de aluminio totalmente soldada.

La guerra de Las Malvinas (1982)

El SS *Canberra* fue visitante regular de la Bahía de Sydney desde la época en que llegué por allá en 1974 hasta que fue requisado por Gran Bretaña como transporte de tropas para la Guerra de las Malvinas con Argentina en 1982 que duró 74 días. Durante la guerra, un misil Exocet golpeó y hundió el barco *Her Majesty's Ship* (HMS) *Sheffield*, lo cual fue noticia mundial. Se sostuvo que el *Sheffield* se hundió debido a que se incendió su superestructura de aluminio. Veinte años después, cuando Estados Unidos estaba considerando construir buques navales totalmente de aluminio, se puso fin a esta aseveración: el metal aluminio no se quema y el *HMS Sheffield* en realidad tenía una superestructura de acero.



Fig. 12 — Vista de popa de un ferry catamarán totalmente de aluminio hecho por Incat Tasmania. (Foto cortesía de Jerry Mirgain, 2008.)

Conclusiones

Como orador a quien se le pidió presentar el aluminio en una conferencia reciente sobre construcción de barcos y aluminio, soy claramente partidario de la soldadura de aluminio. Eso no quiere decir que el aluminio soldado reemplazará en algún

momento al acero, como el acero reemplazó a la madera, para la construcción de barcos. Sin embargo, éste se ha convertido en un material adicional importante en la construcción de barcos para componentes de barcos y hasta para algunos navíos totalmente de aluminio — Fig. 12.

Este artículo no pretende cubrir todas las variaciones del proceso que han evolucionado desde los inicios de la construcción de embarcaciones. Conforme seguimos evolucionando, y conforme la inteligencia artificial puede incluso aliviarnos de un poco de evolución, no debemos perder de vista nuestra historia, la cual expande y regula nuestra experiencia. [WJ](#)

Referencias

1. Fincantierie Marine Group, Fincantieri Marinette Marine Starts Frigate Construction. Obtenido el 16 de noviembre de 2022, de fincantierimarinegroup.com/fincantieri-marinette-marine-starts-frigate-construction.

2. National Park Service, Eads Bridge. Obtenido el 16 de noviembre de 2022, de nps.gov/places/eads-bridge.htm.

JERRY MIRGAIN (mirgain@hotmail.com) es consultor de Safra Spa, Travagliato, Italy. Este artículo se basa en una presentación en la Conferencia de Construcción de barcos y aluminio de la AWS en 2022 en San Diego, California.

Proveedor de Soluciones

Para sus soluciones en soldadura, corte y control de gas

Te esperamos en nuestro próximo show ➤ FABTECH MEXICO Booth No. 3033

GENTEC Genstar Technologies 909.606.2726 | [gentec.com](https://www.gentec.com) |

@genstartech



American Welding Society®

IEC CO-SPONSOR



IEC SUPPORTING SPONSOR



SAVE THE DATE



INSPECTION EXPO & CONFERENCE

The Only Inspections Conference Created by Inspectors for Inspectors November 8-10, 2023 | Austin, TX

Meet industry experts, attend expert panel presentations and breakout sessions, and make connections that can boost your career and keep your inspections business on the cutting edge—while earning **22 PDHs**.

- Inspection Fundamentals
- Roles of QA/QC
- Nondestructive Testing
- Corrosion and Inspection Plan Development
- Inspection Careers
- Visual Defect and Remote Inspections
- Inspection Documentation
- Advanced Ultrasonic Testing
- Welding, NDT and Coating Procedures
- Inspection Auditing
- Welding Design Fundamentals
- Steel Structural Bolting
- Coating Inspection

It all kicks off with the **UPDATES TO THE CODES CONFERENCE on November 7, 2023**.

At this 1-day event, industry professionals and code developers will prepare you to adjust to critical changes in commonly used codes and standards. Don't miss your only opportunity this year to get up to speed and gain valuable insights from some of the most respected professionals and code committee members in the industry.

KEYNOTE SPEAKER



Greg "Boss" Wooldridge is the only commanding officer to lead The Blue Angels for three separate tours. He was first selected because of his demonstrated ability to build teams where communication, trust and teamwork took precedence over rank and status. His heart-driven approach proved a perfect match for the Blue Angel's culture of excellence, and he was called back to lead 2 more teams through times of difficult transition. Since his success with the Blues, Greg has been inspired to share his methods in order to empower individuals and teams on their journey toward High Performance.

Visit aws.org/iec for the latest updates.



Membership | Certification | Education | Training | Standards | Publications | Events | Foundation | Bookstore



aws.org

POR RICHARD WILMOTH,
JADE NGUYEN,
J. BEN SCHAEFFER, Y
D. MARK DOUGLASS

UNA EMPRESA QUE AHORRA TIEMPO

Abriéndole las puertas a la manufactura aditiva en un proyecto de construcción de portaaviones navales

Mecanizado de la bisagra de la puerta del reactor impresa en 3D.

Newport News Shipbuilding, Newport News, Virginia, una división de HII, está construyendo el portaaviones de propulsión nuclear *Enterprise* (CVN 80) para la Marina de los Estados Unidos. El astillero también construyó el *Enterprise* anterior, CVN 65, que fue el primer portaaviones de propulsión nuclear del mundo.

Con más de 1100 pies de largo y 130 pies de ancho en su punto más ancho, este nuevo *Enterprise* será uno de los portaaviones más grandes de su clase, y muchos de sus componentes individuales serán proporcionalmente grandes, hasta las bisagras de 400 libras que conectará la puerta del compartimiento del reactor de la nave al mamparo.

La creación de estas bisagras de la manera tradicional a través de la fundición de metal, habría sido perjudicial para el cronograma general de construcción. Pero la tecnología de fabricación aditiva, o la impresión de metal en 3D usando

capas de soldadura, permitió que Newport News Shipbuilding hiciera el trabajo en mucho menos tiempo.

Todos a bordo por la tecnología

“Esta bisagra en sí es simple”, explicó Rich Wilmoth, gerente de ingeniería de Newport News Shipbuilding. “Es tan simple como la mayoría de las otras bisagras. Sin embargo, tiene un trabajo muy importante, y ese trabajo es mantener la puerta que asegura la contención en el compartimiento del reactor fijada al mamparo y que funcione correctamente”.

Pero el proceso de fundición de las bisagras habría sido lo suficientemente lento como para crear problemas de programación con la construcción general del portaaviones, por lo que Wilmoth y su equipo comenzaron a explorar opciones alternativas.

“Una de las posibles soluciones que me presentaron fue: ‘Oye, ¿podemos fabricar estas bisagras de puerta del compartimento del reactor de forma aditiva?’. Lo primero que pensé fue: ‘Esto va a ser un gran desafío’, no necesariamente por los aspectos técnicos sino por debido a todas las aprobaciones que serían necesarias. Así que mi equipo decidió que seguiríamos impulsando la idea hasta que alguien nos dijera ‘No’”, dijo Wilmoth.

Una multitud de componentes de barcos se fabrican con aceros templados y de baja aleación, específicamente HY-80 y HY-100. Encontrar alternativas adecuadas o materiales de reemplazo para estos aceros es de gran interés porque ayuda a evitar retrasos en la programación.

Wilmoth y su equipo redactaron una propuesta para la Marina y se acercaron a Lincoln Electric, con quien ya habían estado trabajando en varios proyectos de impresión de metales en 3D y que alberga la fábrica de impresión de metales en 3D basada en cables más grande del mundo.

MIL-100S-1 es la clasificación comúnmente asociada con los electrodos de relleno de soldadura utilizados para unir estos aceros de baja aleación, templados y revenidos. Lincoln Electric ha sido proveedor de electrodos MIL-100S-1 durante décadas, pero más recientemente, la compañía agregó el mismo producto a su cartera de electrodos para impresión 3D de metales a través de soldadura robótica por arco metálico con gas. A partir de ahí, surgió un plan para usar esta solución para construir las bisagras del compartimento del reactor de una manera que fuera más adecuada para el cronograma general de construcción de Newport News Shipbuilding.

Wilmoth encontró sorprendente la velocidad de toda la iniciativa. “Fue algo que nunca había visto en el astillero”, compartió. “No tiene precedentes en mi tiempo. Desarrollamos un proceso, un plan de calificación y obtuvimos la aprobación de la Marina en menos de diez semanas. Y eso es en realidad un logro de muchas personas. Mi grupo trabajó muy duro en ello, pero (Lincoln Electric) y la Marina también dieron un paso al frente, y estaban entusiasmados al igual que nosotros porque es una tecnología nueva y está preparando el camino para lo que podemos hacer en otros artículos en el futuro”.

Newport News Shipbuilding ejecutó su plan de calificación aprobado para garantizar que no se comprometiera la calidad o las propiedades del material con las bisagras impresas en 3D por Lincoln Electric. Como tal, se imprimieron piezas adicionales y cupones de prueba y sirvieron como artículos de sacrificio para pruebas destructivas y determinación de propiedades mecánicas. Todos los componentes y cupones de prueba también pasaron por un extenso examen no destructivo. Los artículos de sacrificio se liberaron de la tensión en el mismo ciclo del horno que las piezas destinadas a desplegarse en el barco. En total, las pruebas de más de una docena de probetas de flexión, más de dos docenas de probetas de tensión y más de cuatro docenas de probetas Charpy con muesca en V demostraron que las bisagras cumplían con los requisitos necesarios para reemplazar el material tradicional. Además, el astillero probó numerosos componentes de subescala de manera funcional, todos los cuales excedieron los requisitos de prueba.

Además de mantener la construcción a tiempo, la impresión 3D en metal ofrece una variedad de otros beneficios, no solo para las operaciones de Newport News Shipbuilding,

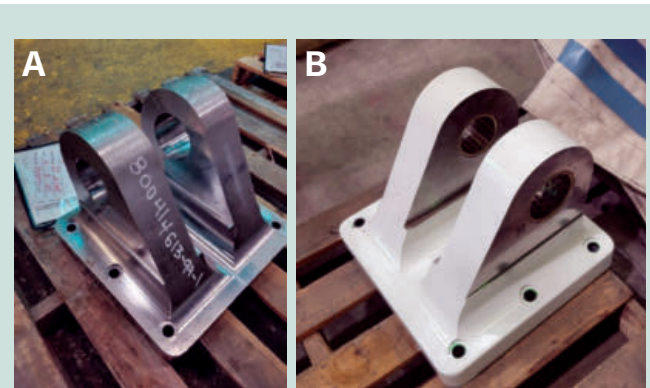


Fig. 1 – A – Imagen de una bisagra mecanizada de puerta de compartimento de reactor de metal impresa en 3D; B - una bisagra de la puerta del compartimento del reactor de metal impresa en 3D en el ensamblaje final.

sino también para los fabricantes de prácticamente cualquier industria. Amplía la libertad de diseño y proporciona la flexibilidad para implementar mejoras sobre la marcha.


La capacidad de crear piezas de repuesto bajo demanda reduce los costos de almacenamiento e inventario y ayuda a los fabricantes a responder mejor a los problemas al incorporar mejoras de diseño sobre la marcha.

Las soluciones de impresión 3D de metal también reducen el material de desecho y fomentan la sostenibilidad. La fabricación tradicional se basa en el mecanizado de grandes bloques de metal, y el material de desecho debe reprocesarse antes de reutilizarse en el flujo de material, todo lo cual contribuye a la huella de carbono del fabricante. Pero un proceso robótico que construye partes capa por capa asegura que casi todo el material se use la primera vez.

Un legado de innovación

El cambio rápido en la fabricación de la puerta del compartimento del reactor con la solución de impresión 3D está ayudando a continuar con la construcción del *Enterprise* (CVN 80).

Wilmoth sugiere que el uso de tecnología de fabricación aditiva para crear las bisagras del nuevo *Enterprise* resuena con el legado del predecesor del barco (CVN 65), que también fue producto de procesos de fabricación que eran de última generación para su época.

“La *Enterprise* anterior tenía que ver con la innovación”, dijo. “Así que creo que fue muy apropiado que tuviéramos las primeras piezas fabricadas con aditivos permanentes en la segunda *Enterprise*. Podría haber sucedido en cualquier otro barco y habríamos seguido los mismos pasos, pero sentimos que fue muy apropiado y emocionante que sucediera en el CVN 80”. 

RICHARD WILMOTH es gerente de ingeniería y **JADE NGUYEN** es ingeniero en Newport News Shipbuilding, Newport News, Virginia. **J. BEN SCHAEFFER** es ingeniero, soluciones aditivas, y **D. MARK DOUGLASS** es gerente de desarrollo comercial, soluciones aditivas, en The Lincoln Electric Co., Cleveland Ohio.

Innovaciones BAJO LA SUPERFICIE

Cómo los avances en la soldadura submarina continúan expandiendo sus aplicaciones

A medida que se necesita más infraestructura energética para que el mundo siga funcionando, tecnologías y técnicas importantes en el campo de la soldadura submarina han pasado a primer plano. Debido a la versatilidad de las aplicaciones de la soldadura submarina, la industria de la soldadura busca constantemente formas innovadoras de utilizar este proceso para ayudar a los clientes a cumplir con los plazos y reducir los costos.

Phoenix logra una soldadura submarina permanente

Durante 25 años, Phoenix International Holdings Inc. (Phoenix), una empresa de servicios marinos con sede en Largo, Maryland, ha realizado soldadura hiperbárica con cámara seca y húmeda en operaciones comerciales y militares por igual. Para ayudar a avanzar en las aplicaciones de soldadura subacuática, la compañía desarrolló y calificó recientemente una especificación de procedimiento de soldadura húmeda subacuática (WPS) Clase A aprobada por la Agencia Estadounidense de Transporte Marítimo (ABS) de acuerdo con el Código de soldadura subacuática D3.6M de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS, por sus siglas en inglés), en todas las posiciones para soldaduras de ranura y de filete. Este procedimiento brinda a la industria la capa-

Fig. 1 — Soldadores submarinos realizan soldaduras de prueba en el nuevo tanque de Phoenix en Bayou Vista, Luisiana.



idad de realizar reparaciones permanentes de soldadura húmeda bajo el agua que son equivalentes a las soldaduras superficiales superiores. También eliminará la necesidad de costosas reparaciones en cámara seca y/o dique seco y reducirá específicamente el tiempo y los costos generales de reparación.

Desarrollo de procedimientos

Desarrollado en las nuevas instalaciones de prueba y capacitación de Phoenix en Bayou Vista, Luisiana, el procedimiento pasó por una extensa investigación y desarrollo para lograr una soldadura de calidad superficial bajo el agua (Fig. 1).

Con la técnica de soldadura adecuada aplicada por soldadores/buzos expertos, se lograron alargamientos mínimos del 16 %, así como las curvas 2T requeridas, las pruebas de tracción y la máxima dureza Vickers de 325 HV10 en todas las posiciones para soldaduras de ranura y filete. La empresa superó los requisitos de AWS D3.6M para cumplir con los requisitos más estrictos de la Marina de los Estados Unidos al calificar también la dureza Vickers en la posición 4G (ranura superior), que es la más difícil de lograr. Un WPS típico solo requiere que la mayoría de las pruebas mecánicas se completen en la primera posición, generalmente la posición 3G (ranura vertical). Esto se hizo para simular cuáles serían los requisitos del mundo real en todas las posiciones y no solo en la posición más fácil para lograr los resultados requeridos.

Aplicaciones de la soldadura subacuática

Los avances en las técnicas de soldadura submarina, como el nuevo procedimiento desarrollado por Phoenix, ayudan a aumentar su uso en muchas industrias. Además de su versatilidad, la soldadura submarina en el entorno marino se puede lograr en la mayoría de las profundidades accesibles para los buzos con el uso de soldadura hiperbárica húmeda o seca.

Las áreas donde la soldadura submarina se usa más comúnmente son las siguientes:

- **Mantenimiento, reparación y desmantelamiento de plataformas, estructuras y oleoductos de petróleo y gas en alta mar,**
- **Mantenimiento, reparación y desmantelamiento de infraestructura terrestre/mar adentro, y**
- **Mantenimiento y reparación de embarcaciones.**

Petróleo y gas en alta mar

Las plataformas, estructuras y oleoductos de petróleo y gas en alta mar son partes integrales de la infraestructura energética mundial (Fig. 2). Están bajo el bombardeo constante del medio ambiente debido a muchos factores, incluida la corrosión externa e interna, los huracanes y los incidentes marinos. Por lo tanto, estas infraestructuras requieren un

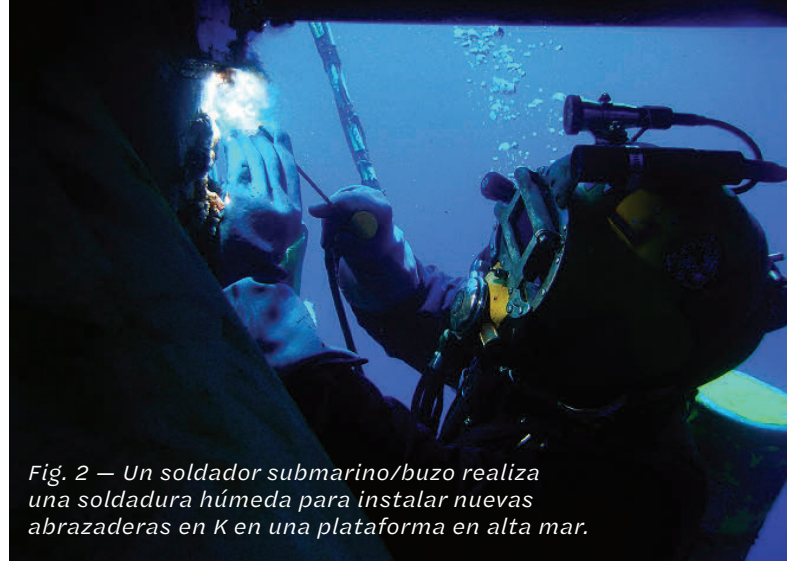


Fig. 2 — Un soldador submarino/buzo realiza una soldadura húmeda para instalar nuevas abrazaderas en K en una plataforma en alta mar.

cuidado y mantenimiento adecuado para que sigan funcionando de manera eficiente. Una parte vital de este proceso es la soldadura submarina, que incluye tareas como soldadura hiperbárica dentro de pórticos de tendones deshidratados, reparaciones de soldadura dentro de embarcaciones, reparaciones de sistemas de monitoreo de tensión de tendones, reparación y reemplazo de cables, instalación y remoción de elevadores, y reparación mecánica de abrazaderas o instalación de conectores finales/piezas de carrete.

Infraestructura/en tierra

Estados Unidos tiene una infinidad de ríos y lagos y puentes, represas, embalses, y muelles asociados que conforman el sector de infraestructura en tierra, que es una parte esencial de las industrias de viajes y energía hidroeléctrica de Estados Unidos. Debido a que la fatiga o los defectos debidos a condiciones ambientales y de servicio rigurosos pueden comprometer gravemente estos importantes activos, la soldadura submarina es esencial para mantener su integridad. Las tareas comunes de soldadura submarina infraestructura/en tierra incluyen cimientos de puentes o reparaciones estructurales, reparaciones y mantenimiento de centrales hidroeléctricas y reparaciones de tuberías, solo por nombrar algunas.

El sistema energético de Estados Unidos incluye aproximadamente 3.3 millones de millas de tuberías que transportan gas natural, petróleo crudo y otros líquidos peligrosos (Ref. 1), y la gran mayoría de estas tuberías se encuentran bajo el agua en los principales puertos y ríos. Estas tuberías con frecuencia se descuidan debido a los costos de reparación, las limitaciones de tiempo y el nivel de dificultad. Sin embargo, utilizando las últimas mejoras y técnicas de soldadura hiperbárica en húmedo se pueden lograr reparaciones permanentes a una fracción del costo y el tiempo de las reparaciones tradicionales.

Reparación y mantenimiento de barcos

Los portacontenedores, los cruceros, los transbordadores, los barcos militares (Fig. 3), los graneleros, los petroleros y las embarcaciones de recreo personales atraviesan las vías



Fig. 3 — Un soldador/buzo de Phoenix instala cáncamos en un barco de la Marina de los Estados Unidos para reemplazar un cojinete.

fluviales del mundo y están sujetos a daños por incrustaciones marinas y otros factores ambientales que pueden obstruir entradas, aumentar la resistencia, disminuir la velocidad y degradar la eficiencia del combustible.

El dique seco no siempre es una opción viable para los propietarios de embarcaciones porque requiere de mucho tiempo y dinero, razón por la cual realizar soldaduras submarinas en un muelle de elección o anclado en alta mar se convierte en una opción valiosa. Tareas como reparaciones del casco, instalación de tapas de cofres marinos, limpieza y reemplazo de hélices, renovaciones de sellos, reemplazos de propulsores y reparaciones de timones son solo algunas de las tareas que se pueden lograr con la soldadura submarina.

Conclusión

A medida que las técnicas de soldadura submarina continúan evolucionando, el uso de soldadura hiperbárica húmeda y seca para aplicaciones subacuáticas también crecerá en demanda. El uso de esta tecnología para diferentes indus-

trias y aplicaciones junto con la aceptación de procesos de soldadura subacuática, se ha generalizado gracias a organizaciones como la AWS, que brindan certificación para la estandarización de métodos, procedimientos y requisitos de certificación. Phoenix continúa buscando formas de ofrecer a sus clientes soluciones de soldadura submarina más permanentes que los ayuden a aumentar la longevidad del negocio y mantener las operaciones funcionando de manera eficiente. [WJ](#)

Referencia

1. Congressional Research Service (Servicio de Investigación del Congreso), Referencias Electrónicas. Recuperado el 28 de noviembre de 2022, de sgp.fas.org/crs/misc/R44201.pdf.

CLINT D. LEVINE (clevine@phnx-international.com) es supervisor de servicios de buceo para NAVSEA, y **LANCE SHUPE** (lshupe@phnx-international.com) es gerente del programa de servicios de buceo en Phoenix International Holdings LLC, Bayou Vista, Luisiana.

TOME *la* ANTORCHA.

AWS

Este es tu momento para llevar tu carrera al siguiente nivel, para mejorar tus habilidades y aprender de otros que comparten tu oficio.

Es el momento para dejar tu huella en la industria y en el mundo.

Y todo empieza con hacerse miembro de la Sociedad Americana de Soldadura.

Afíliese a la AWS hoy y guíe a la nueva generación de soldadores.

Visite aws.org/takethetorch para más información

La limpieza del material es a menudo un paso que se elimina de las operaciones de soldadura en un esfuerzo por minimizar los costos.

CONDICIONES DEL MATERIAL y selección del metal de aporte

Los alambres de soldadura con un alto nivel de desoxidantes pueden quemar los revestimientos del material y las impurezas



En algunos casos, la soldadura a escala de laminación requiere la mitad de la velocidad de desplazamiento en comparación con el material base de soldadura que se ha limpiado y preparado.

No es raro encontrarse con condiciones materiales desafiantes al soldar. Los talleres de fabricación y las empresas de construcción en general trabajan para minimizar los costos en proyectos competitivos, por lo que la limpieza de materiales suele ser un paso que se elimina del proceso.

Ya sea que la condición del material involucre óxido, cascarilla de laminación o revestimientos, la idea a menudo es: “No se moleste en limpiarlo, solo suéldelo”. En estas circunstancias, elegir el metal de aporte correcto para las condiciones del material base puede ayudar a abordar los problemas de calidad y mejorar los resultados.

Condiciones comunes de los materiales

Algunas de las condiciones más comunes de los materiales que se encuentran en las aplicaciones de soldadura son cascarilla de laminación, revestimientos galvanizados, aceite y óxido. Los materiales base pueden llegar con estas condiciones presentes ya sea por un tratamiento durante la fabricación del material o por cómo se almacenaron los productos.

Eliminar estos recubrimientos del material lleva tiempo y agrega costos, por lo que muchas operaciones no llevan a cabo el proceso de limpieza. En su lugar, los operadores sueldan sobre los revestimientos de material o el óxido, lo que puede dificultar el proceso de soldadura y afectar la calidad de la misma.

Siempre se recomienda una limpieza adecuada del material base. Pero en aplicaciones donde eso no es factible o prác-

tico, el metal de aporte adecuado puede ayudar a mejorar los resultados al soldar materiales con estas condiciones.

La cascarilla de laminación de soldadura

La cascarilla de laminación es una capa protectora de óxido que se forma sobre el metal cuando se lamina en caliente durante el proceso de fabricación. El laminado en frío del acero elimina la formación de incrustaciones de laminación, pero agrega costos al proceso de producción, por lo que muchas operaciones no eligen el material laminado en frío en lugar del laminado en caliente. La capa de cascarilla de laminación también se puede despegar antes de soldar.

Una velocidad de desplazamiento mucho más lenta es uno de los peligros de la soldadura a escala de laminación. En algunos casos, requiere la mitad de la velocidad en comparación con el material base de soldadura que se ha limpiado y preparado. Es necesaria una velocidad de desplazamiento lenta para quemar la capa de cascarilla de laminación con el arco. La soldadura demasiado rápida en la escala de laminación provocará un baño de soldadura errático, lo que dará como resultado un cordón de soldadura inconsistente u ondulado. La soldadura sobre cascarilla de laminación también provoca más salpicaduras en comparación con la soldadura de metal limpio.

Al elegir un metal de aporte para abordar el material con cascarilla de laminación, un alambre con núcleo fundente puede ayudar. Los alambres con núcleo de fundente suelen tener la mayor cantidad de desoxidantes, que ayudan a llevar las impurezas a la superficie. Los buenos alambres con núcleo



Cuando la limpieza no sea posible debido a limitaciones de tiempo o costo, elija un metal de aporte con un alto nivel de desoxidantes para quemar el revestimiento o la capa de cascarilla de laminación. Puede proporcionar un mejor rendimiento y resultados.

fundente para soldar escala de laminación son las clases AWS E71T-1C/M y E71T-9C/M. Estos alambres proporcionan la mejor soldabilidad en comparación con otros alambres con núcleo fundente.

Los alambres con núcleo de metal como AWS E70C-6M, también son buenas opciones porque tienen un alto contenido de desoxidantes como el silicio, que presenta una gran capacidad de recolección de impurezas que ayuda a que los metales de aporte funcionen mejor en materiales más sucios.

Una combinación de gas de protección como 90% de argón y 10% de dióxido de carbono, produce un arco más caliente y ofrece beneficios para soldar acero con cascarilla de laminación, óxido o revestimiento de imprimación. La temperatura más alta puede ayudar a quemar el recubrimiento u oxidarlo más rápido. Aumentar ligeramente el voltaje de soldadura también puede proporcionar los mismos beneficios.

Soldadura de acero galvanizado

Los metales base galvanizados son muy comunes en muchas aplicaciones de soldadura. El material se galvaniza a través de un proceso de inmersión o galvanoplastia que forma un revestimiento diseñado para evitar que se forme óxido en el metal. Cuanto más grueso sea el revestimiento, mejor será la protección, pero más difícil será soldarlo.

La soldadura de acero galvanizado requiere velocidades de desplazamiento más lentas y puede causar porosidad y agrietamiento de la soldadura. Si una operación puede evitar el galvanizado antes de soldar y, en cambio, completar

el proceso de inmersión después de soldar el material, eso es preferible y ayuda a evitar estos problemas. Si hay altas tensiones residuales presentes después de la soldadura, los operadores pueden experimentar fragilización del metal líquido, que es el agrietamiento de la soldadura o la zona afectada por el calor después de la inmersión en caliente.

En aplicaciones donde es necesario soldar acero galvanizado, existen metales de aporte que funcionan mejor en materiales galvanizados y revestidos. Un alambre con núcleo fundente con una clasificación AWS E71T-11 funciona bien en aceros revestidos debido al aluminio agregado y otros desoxidantes que ayudan a reducir las impurezas y el agrietamiento.

Soldadura sobre óxido

El óxido es otra condición común del material. Se diferencia de la cascarilla de laminación en que la cascarilla de laminación se forma durante el proceso de fabricación, mientras que el óxido se forma cuando el metal se expone a la atmósfera. La humedad puede acelerar el proceso de oxidación, por lo que es importante tener en cuenta el almacenamiento adecuado del material.

El óxido tiene menos conductividad eléctrica que el acero, por lo que será más difícil establecer un arco estable en un material muy oxidado. Cuanto más grueso sea el óxido, más difícil será la soldadura. Soldar sobre óxido puede causar porosidad y altos niveles de salpicaduras.


Busque alambres con núcleo de fundente y con núcleo de metal con altos niveles de desoxidantes para soldar a través del óxido. Para soldar acero A36, los alambres tubulares AWS E71T-1C/M y E71T-9C/M son buenas opciones. Para alambres con núcleo de metal, elija la clasificación AWS E70C-6M.

Materiales recubiertos de aceite

Muchas placas y otras piezas de metal entran en el proceso de soldadura con aceite. El aceite a menudo se deja en el material como lubricante utilizado en el proceso de corte.

Hay pocas razones para soldar sobre aceite, ya que quitarlo de las piezas metálicas es un proceso mucho más rápido y fácil que cualquiera de las otras condiciones del material mencionadas anteriormente. Simplemente use un poco de acetona y un trapo para limpiar el aceite de la unión soldada y el área circundante.

Optimización del rendimiento

Cuando se trata de soldar materiales sucios o recubiertos, lo ideal es una limpieza y preparación de la pieza adecuadas. Cuando eso no sea posible debido a limitaciones de tiempo o costo, elija un metal de aporte con un alto nivel de desoxidantes para quemar el recubrimiento o la capa de cascarilla de laminación y brindar un mejor rendimiento y resultados. 

JAKE BALOGH (jacob.balogh@hobartbrothers.com) es ingeniero de soldadura y CWI en Hobart, Troy, Ohio.



American Welding Society®

EL PILAR DE LOS CÓDIGOS DE SOLDADURA ESTRUCTURAL



El D1.1:2020, Código de soldadura estructural: acero, incluye contenido importante y cambios en los comentarios para mejorar la claridad y comprensión de su contenido. Incluye requisitos de diseño, procedimientos, calificaciones, fabricación, inspección y reparación de estructuras de acero de tubos, chapas y estructuras que están sujetas a carga estática o cíclica.

Todos los candidatos de la credencial CWI (inspector de soldadura certificado) que usan D1.1 para la Parte C del examen ahora se evalúan con el D1.1: 2020.

**MIEMBROS AHORRAN
33% DEL PRECIO DE LISTA**

Visite aws.org/d1 para más información

Membresía | Certificación | Educación | Entrenamiento | Códigos | Publicaciones | Eventos | Fundación | Librería



aws.org

POR BRIAN WALL

El estudiante de soldadura Mason Blaine realiza una soldadura de filete en una junta en T mientras el instructor de soldadura Brian Wall observa la colocación del cordón en el proceso. Fotografías de Jodi Glass.

Cómo hacer una SOLDADURA POR ARCO DE METAL PROTEGIDO DE CALIDAD (SMAW)

Un instructor de soldadura demuestra cómo enseñar este proceso

La soldadura por arco de metal protegido (SMAW) es conocida como el abuelo de la soldadura por su longevidad en la industria. Se ganó esa distinción porque pocos procesos son tan versátiles o accesibles. Una configuración básica requiere un electrodo, un porta electrodos, una pinza de tierra, un cable de soldadura y una corriente constante. Puede funcionar desde un transformador rectificador que se usa para hacer ajustes en el garage o desde la parte delantera de un generador de servicio pesado a metros de su fuente de energía. Cualquiera de las configuraciones le da al soldador la capacidad de unir una variedad de metales en lugares que otros procesos no pueden.

La colocación de cordones SMAW requiere la combinación correcta de amperaje, polaridad y longitud de arco, así como una mano firme en el momento preciso. Un soldador experimentado conoce el sonido distintivo de una raíz que se abre en una tubería a medida que se desvanece lentamente cuando se ata a su tachuela o el suave crujido de un E7018 mientras realiza una soldadura de filete. La pericia de un soldador también se demuestra por el aspecto de un cordón hecho con una varilla de soldadura 308-16 cuando la escoria se despega por sí sola, revelando un cordón lustroso. Esto confirma silenciosamente que el amperaje, el voltaje, la velocidad de viaje y la técnica

eran correctos. Dominar estas técnicas requiere una buena base educativa.

En el Centro Técnico y Profesional del Condado de Mahoning, Canfield, Ohio, el primer proceso de soldadura que aprende un estudiante es SMAW. El plan de estudios enfatiza la importancia de adherirse al código y refuerza las técnicas que se ajustan a los códigos y estándares que los estudiantes usarán una vez que obtengan la certificación AWS al finalizar el curso. Por ejemplo, en la sección 5.15 de AWS D1.1, *Código de soldadura estructural: acero*, la preparación del metal base se especifica como quitar la cascarilla de laminación aproximadamente 1/2 pulgada de cada lado del metal base donde se va a hacer el cordón.



El instructor de soldadura Wall (arrodillado) instruye a los estudiantes (de izquierda a derecha) Cherokee Mellott y Michael Reinhart sobre cómo acceder y utilizar las funciones de control de arco y arranque en caliente.

Lección 1: Amperaje

El plan de estudios de la clase utiliza un electrodo E6010 y un E7018 de bajo hidrógeno. Conocer los electrodos que utiliza un soldador ayuda a configurar correctamente la máquina. Para configurar la máquina, el estudiante primero debe aprender a elegir una polaridad y un amperaje. Para encontrar un buen amperaje inicial, a los estudiantes se les enseña cómo tomar el diámetro nominal del electrodo. El estudiante aprende a convertir el diámetro nominal de una fracción a un decimal utilizando un método matemático básico: dividir el numerador por el denominador. Luego, el decimal se usa como guía para establecer el amperaje. Por ejemplo, si el estudiante está usando un electrodo

de $\frac{3}{32}$ pulgadas que se convierte en 0.09375 pulgadas al dividir el numerador entre el denominador, entonces 93 A es su punto de partida. Los estudiantes deben tener una comprensión básica de esta ecuación matemática antes de avanzar a una especificación de procedimiento de soldadura (WPS, por sus siglas en inglés)). Explorar un WPS para encontrar amperajes y otros parámetros de soldadura también es clave para la educación de un soldador. Saber qué recursos profesionales consultar, ya sean varias aplicaciones de descarga creadas por los fabricantes de electrodos o las tablas de su libro de texto y cuándo aplicarlas, sirve de base para la enseñanza de las técnicas SMAW.

Lección 2: Técnica

Hay muchas técnicas utilizadas para crear una soldadura de calidad. Primero, a los estudiantes se les enseñan diferentes formas de iniciar el arco. Los estudiantes reciben capacitación sobre cómo iniciar el arco usando una técnica de inicio desde cero o toque. También se les instruye sobre cómo y por qué evitar las marcas de arco, que pueden ser rechazadas por código. El método de larguero introduce al estudiante a un cordón de soldadura. Para ello se

utilizan tanto los electrodos E6010 como E7018, y se enseña a los alumnos el cuidado y manejo adecuado de los diferentes tipos de electrodos, por ejemplo el cuidado especial que requieren los electrodos de bajo hidrógeno y las normas que se utilizan en la industria relacionadas con el uso a ellos. El cordón de refuerzo ayuda a los estudiantes a dominar la longitud del arco, el ángulo de trabajo y la velocidad de desplazamiento y sus efectos en el chardo. Después del cordón larguero, las técnicas se construyen en torno a diferentes tipos de patrones de tejido y manipulaciones del baño de soldadura. El patrón U, J o circular son algunos de los patrones introducidos. Haciendo referencia a la sección 5.30 del estándar D1.1, se instruye a los estudiantes sobre los requisitos para limpiar sus soldaduras. La instrucción continúa con un cupón de soldadura de 1 pulgada que muestra a los estudiantes cómo se ve una secuencia de cordón de soldadura y ayuda con la colocación del cordón..

Lección 3: Tecnología

Los estudiantes aprenden sobre máquinas avanzadas de diferentes fabricantes. Las máquinas de la escuela están equipadas con tecnología que permite al instructor presentar las



Los estudiantes se reúnen para una plática en el laboratorio y una demostración de cómo medir los tamaños de soldadura de filete, los perfiles de soldadura aceptables, la progresión de la soldadura, la preparación del metal base y la secuencia en cascada de los cordones de soldadura en una junta.

complejidades de cada tecnología y cómo cada una afecta el proceso SMAW. Aprender sobre el control de la fuerza del arco, o la función de excavación, es una transición tangible para explicar el voltaje del arco y cómo afecta el charco y el cordón final. Otras ventajas de este control son las siguientes: ayuda a evitar el pegado cuando la longitud del arco es demasiado corta, mejora el control del charco al soldar fuera de posición y con ese control adicional del baño de fusión, puede ayudar a reducir o eliminar la socavación. La función de inicio en caliente es otra pieza de tecnología que brindamos a los estudiantes. La corriente adicional que se lleva al electrodo ayuda con un inicio rápido y confiable tanto con el método de raspado como con el de golpeteo. Esta función también es útil para obtener una penetración conjunta inmediata. La corriente adicional en un arranque en caliente puede ayudar con las conexiones en soldaduras previas o soldaduras por puntos. Ambas funciones tienen sus ventajas y desventajas, pero hacer que los estudiantes sean conscientes de ellas agrega una profundidad en su comprensión no solo de la soldadura, sino también de parte de la tecnología en la industria de la soldadura en la actualidad.

Lección 4: Calidad

Para hacer un cordón SMAW de calidad, se debe establecer la definición de un cordón de calidad. Los estudiantes están capacitados para realizar

inspecciones visuales de sus propias soldaduras mediante la identificación de discontinuidades de soldadura y defectos rechazables. Utilizan un gran número de calibradores de pruebas no destructivas para evaluar su trabajo. En conjunto con una clase estándar de laboratorio que refleja los criterios visuales establecidos por el código estructural D1.1, el estudiante y el instructor pueden evaluar la soldadura y buscar acciones correctivas y causas raíz para las discontinuidades que pueden necesitar ser abordadas. También se valoran perfiles de cordón de soldadura. Los tamaños de patas y gargantas para soldaduras de filete y refuerzo de soldadura para uniones a tope también se evalúan y utilizan para educar más a los estudiantes. El

conocimiento de cómo se ve un buen cordón se transfiere fuertemente a la forma en que un estudiante aplica lo que ha aprendido mientras realiza soldaduras SMA.

Conclusión

SMAW es el bloque de construcción fundamental para una carrera en soldadura. Ésta introduce principios que se vuelven rudimentarios en todos los demás procesos de soldadura. Es un proceso de soldadura que se puede utilizar para operaciones como reparaciones simples hasta trabajos de código a nivel de rayos X. Saber qué es un cordón de calidad y cómo hacer una soldadura de calidad son las piedras angulares de cualquier carrera de soldadura. Agregar elementos de tecnología que los fabricantes han incluido en sus máquinas mantiene uno de los procesos de soldadura más antiguos actual y viable en la industria de la soldadura. SMAW es la puerta de entrada a muchas oportunidades, y todo comienza con saber cómo realizar una soldadura SMA de calidad. [WJ](#)

BRIAN WALL (bawall5@yahoo.com) es instructor de soldadura en el Centro Técnico y Profesional del Condado de Mahoning, Canfield, Ohio, y AWS CWI y CWE. Asistió al Instituto de Instructores 2022 en la sede mundial de AWS, Miami, Florida.



Educación para adultos, Grupo de soldadura 2022-2023 del Centro Técnico y de Carreras del Condado de Mahoning.

POR CHARLIE CROSS
Y JENNIFER PEVERELLE

Introducción a los consumibles SMAW Y SAW

Conozca las
características
de estos
consumibles de
soldadura



Fig. 1 — Soldadura con electrodo de congelación rápida.

Dos procesos de soldadura comúnmente utilizados son la soldadura por arco de metal blindado (SMAW) y la soldadura por arco sumergido (SAW). Ambos son procesos versátiles basados en escoria que no requieren gas de protección externo. Sin embargo, son apropiados para aplicaciones muy diferentes y requieren diferentes habilidades del operador.

SMAW es un proceso manual que requiere un operador que sea experto en leer el arco y manipular el electrodo, aunque algunos electrodos requieren menos habilidad y capacitación que otros. SAW es típicamente un proceso mecanizado, que requiere un operador experto en los detalles de la configuración. SMAW se puede utilizar fuera de posición, mientras

que SAW se limita a las posiciones plana y horizontal. SMAW se usa a menudo para juntas que no son uniformes o de difícil acceso. SAW requiere una preparación precisa de la unión, pero puede realizar repetidamente soldaduras de muy alta velocidad. SMAW se usa a menudo en sitios de construcción, mientras que SAW se usa generalmente en sitios de fabricación. Tanto para SMAW como para SAW, elegir el consumible correcto para la aplicación es clave. Existe una herramienta en línea muy práctica (lincolnelectric.com/en/Welding-and-Cutting-Resource-Center/Welding-Guides) que enumera los consumibles que son compatibles con metales base específicos. listing consumables that are compatible with specific base metals.



Fig. 2 — Empaque con bajo contenido de hidrógeno (H4R).

Clasificación de consumibles

Los consumibles de soldadura a menudo se fabrican y clasifican según las especificaciones de metal de aporte AWS A5. La clasificación de electrodos facilita la selección y comparación de electrodos. AWS A5.1, *Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco de metal protegido*, fue la primera especificación de metal de aporte emitida hace más de 80 años por un comité conjunto de ASTM International y la AWS. El Comité A5 revisó este documento muchas veces a lo largo de los años y está prevista otra revisión para 2023.

La AWS actualmente tiene nueve especificaciones de metal de aporte A5 diferentes para electrodos SMAW. Cada aleación (acero dulce, acero inoxidable, etc.) tiene su propia especificación, incluida una para electrodos de soldadura húmedos bajo el agua. Para que Excalibur® 7018 MR® tenga la clasificación AWS de E7018 H4R, se deben cumplir los detalles de la prueba y los requisitos enumerados en AWS A5.1. Estos incluyen la composición química, las propiedades mecánicas, el nivel de hidrógeno difusible y la absorción de humedad. También hay requisitos de usabilidad, tamaño, empaque y etiquetado.

Electrodos SMAW

Al determinar el electrodo SMAW adecuado para un trabajo, se debe tener en cuenta la selección del metal base, las condiciones térmicas, el diseño de la unión, los paráme-

tros de la máquina y los requisitos del código de soldadura. Muchos electrodos SMAW son similares entre sí, pero ciertas características hacen que los electrodos específicos sean más deseables para una aplicación en particular. Los electrodos SMAW para acero al carbono se pueden dividir en cuatro grupos de electrodos según sus características de uso.

Electrodos de congelación rápida

Los electrodos de congelación rápida (por ejemplo, E6010 y E6011) tienen la capacidad de depositar metal de soldadura que se solidifica rápidamente, lo que proporciona ventajas cuando se sueldan uniones con un ajuste deficiente o cuando se suelda en posiciones verticales/sobre la cabeza (Fig. 1). Estos electrodos usualmente proporcionan una penetración conjunta y mezcla máxima, requiriendo al mismo tiempo un alto grado de habilidad del operador.

Electrodos de llenado rápido

Los electrodos de llenado rápido (por ejemplo, E7024-1 y E7028) tienen la capacidad de depositar metal rápidamente en el calor del arco y, por lo tanto, pueden realizar soldaduras muy grandes en superficies planas y horizontales. Se adaptan bien a los nuevos soldadores ya que son muy fáciles de usar. Las cubiertas de los electrodos de llenado rápido contienen aproximadamente un 50% de polvo de hierro lo que genera altas tasas de deposición.

Electrodos de congelación de llenado

Las características del electrodo de congelación de llenado se encuentran entre los electrodos de congelación rápida y de llenado rápido. Los electrodos de congelación proporcionan una penetración media en las juntas y una deposición media. Estos electrodos son especialmente adecuados para soldar chapa y normalmente se utilizan en todas las posiciones de soldadura. Estos son los electrodos de referencia para soldadura doméstica o agrícola. Los ejemplos son E7014 y E6013.

Electrodos de bajo hidrógeno

Los electrodos de bajo hidrógeno (Fig. 2) tienen características de llenado rápido o congelamiento. Por lo general, producen soldaduras con calidad de rayos X con excelentes propiedades de resistencia a la muesca. Estos electrodos reducen el riesgo de agrietamiento debajo del cordón y son deseables para aceros con alto contenido de carbono y baja aleación. Los electrodos de bajo hidrógeno también pueden reducir los requisitos de precalentamiento del acero. Aunque los electrodos de bajo hidrógeno deben llegar en un recipiente herméticamente sellado, son susceptibles a la absorción de humedad una vez que el recipiente está abierto. El almacenamiento y la manipulación adecuados de los electrodos de bajo hidrógeno son fundamentales para preservar sus propiedades únicas. Los electrodos designados como H4, por ejemplo, E7018 H4 y E7016-1 H4R están diseñados, fabricados y probados para resistir la absorción de humedad.

Consumibles de SAW

SAW usa dos consumibles separados (flux y electrodo) para hacer un depósito de soldadura. El metal de soldadura es una combinación de ambos, por lo que se clasifica la combinación fundente/electrodo. La *Especificación para electrodos y fundentes de acero al carbono para soldadura por arco sumergido AWS A5.17*; la *Especificación para electrodos y fundentes de acero de baja aleación y alto manganeso para soldadura por arco sumergido A5.23*, y la *Especificación para combinaciones de fundente y electrodos para soldadura por arco sumergido y electroescoria y revestimiento de acero inoxidable y aleaciones de níquel A5.39*, se relacionan con consumibles SAW. Las AWS A5.17 y A5.23 cubren acero al carbono y de baja aleación, mientras que la A5.39 cubre consumibles SAW de acero inoxidable y aleación de níquel.

Técnicas para clasificar los consumibles SAW

Es importante reconocer que existen dos métodos para la clasificación de consumibles SAW en las especificaciones de la AWS: una técnica de paso múltiple y una técnica de dos pasadas (utilizada solo en A5.23). El método de dos pasadas utiliza una sola pasada hecha desde cada lado de la placa (Fig. 3). Esto es común en la fabricación de secciones de tubería, torres eólicas y otras industrias.

Debido a que tiene dos técnicas reconocidas diferentes, la misma combinación de fundente/alambre puede certificarse para múltiples clasificaciones, cada una con designadores de resistencia y tenacidad significativamente diferentes. Esto se debe a diferencias importantes en la cantidad de dilución del metal base, la geometría del metal de soldadura y la cantidad de refinamiento de grano microestructural entre las diferentes condiciones de soldadura. Por ejemplo, Lincolnweld® 761/L-61 se clasifica tanto en F7A2-EM12K como en F8TAZG-EM12K. Una manera fácil de distinguir una clasificación de dos pasadas es la presencia de una T después del número para designar la fuerza.

Muchas aplicaciones del mundo real con SAW se encuentran en algún lugar entre las condiciones de dos ejecuciones y múltiples pasadas de la prueba de clasificación de consumibles de la AWS. El impulso para aumentar la productividad a menudo da como resultado que una soldadura de pasadas múltiples diseñada sea solo de 3 a 4 pasadas (Fig. 3C). La tenacidad del metal de soldadura en esta situación estará a menudo más cerca de la condición de dos pasadas. Se recomienda considerar las clasificaciones de pasadas múltiples y de dos pasadas notificadas por el fabricante para determinar si la combinación de fundente/alambre elegida cumplirá con las propiedades mecánicas requeridas. Una forma sencilla de hacerlo es mediante un sitio de certificados en línea como lincolnelectric.com/en/Certificate-Center.

Conclusión

Ya sea SMAW o SAW, las soldaduras de calidad generalmente comienzan con el uso de un consumible de calidad. Los consumibles de calidad a menudo tienen una clasificación de

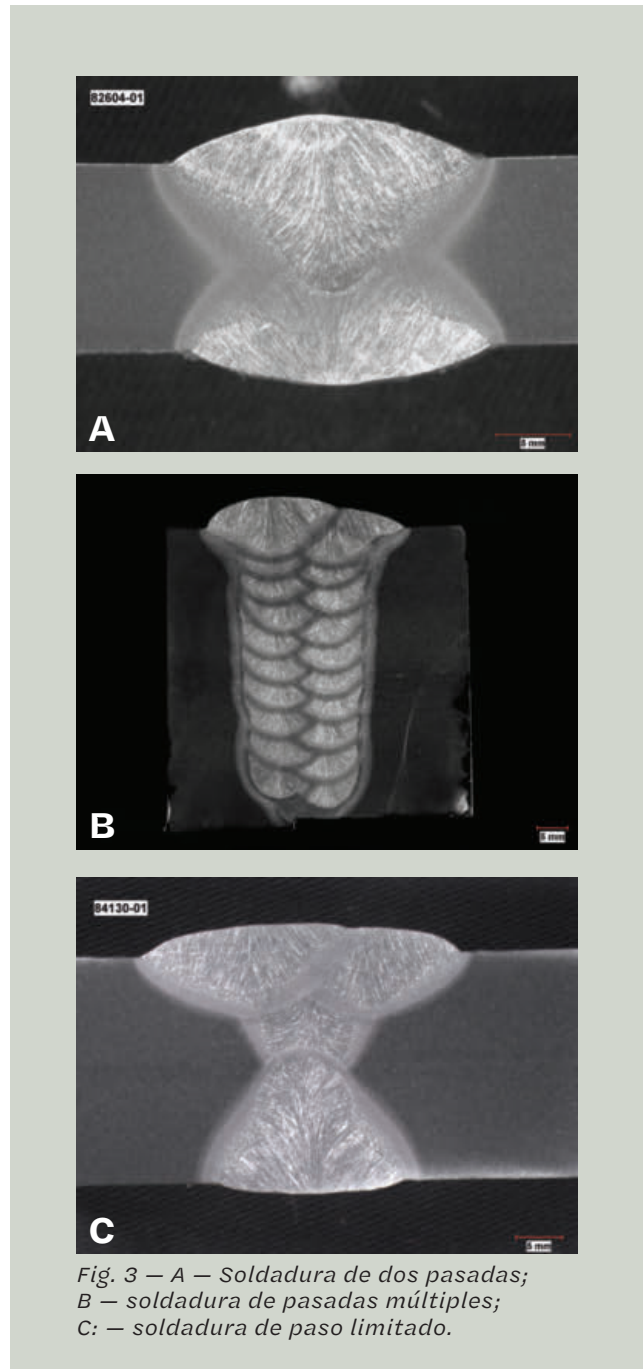


Fig. 3 — A — Soldadura de dos pasadas; B — soldadura de pasadas múltiples; C: — soldadura de paso limitado.

acuerdo con una especificación AWS A5 (aws.org/standards/committee/a5-committee-on-filler-metals-and-allied-materials). Conocer el consumible apropiado para el trabajo apoyará el desarrollo del procedimiento de soldadura ideal. Las buenas variables de entrada (consumibles de soldadura) son la clave para las buenas variables de salida (productos). [WJ](#)

CHARLIE CROSS (charles_cross@lincolnelectric.com) es especialista técnica en soldadura y **JENNIFER PEVERELLE** (jennifer_peverelle@lincolnelectric.com) es ingeniera de desarrollo de soluciones para clientes en The Lincoln Electric Co., Cleveland, Ohio.

Garantía de Calidad contra Control de Calidad

Se explican las diferencias y similitudes entre estos dos términos

POR DARYL PETERSON

La Garantía de Calidad (QA) y el Control de Calidad (QC) a menudo se consideran lo mismo; sin embargo, son claramente diferentes, y los inspectores que realizan estas funciones suelen tener diferentes deberes y responsabilidades.

Definiciones

La Garantía de Calidad proporciona pautas generales utilizadas en el sistema de calidad integral. Su esencia es proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de calidad. La verificación es el enfoque principal de la garantía de la calidad y generalmente se logra a través de la auditoría. El alcance de la auditoría puede definirse para el proyecto o puede quedar a discreción del inspector de Garantía de Calidad. Cuando la auditoría del inspector de Garantía de Calidad encuentra discrepancias sistémicas, sería apropiado ampliar el puntaje de la auditoría. El enfoque de Garantía de Calidad es asegurar que las funciones de Control de Calidad se lleven a cabo correctamente.

El Control de Calidad está específicamente relacionado con productos o servicios. El Control de Calidad se centra en el cumplimiento de los requisitos de calidad especificados en el contrato y se logra principalmente a través de inspecciones.

Garantía de Calidad (QA) y Control de Calidad (QC) en soldadura

¿Cómo se relacionan explícitamente la Garantía de Calidad y el Control de Calidad con la industria de la soldadura y quién suele ser responsable de estas funciones? El código AWS D1.1, *Structural Welding Code — Steel* (Código de soldadura estructural — Acero), utiliza los términos inspección del contratista e inspección de verificación en las cláusulas 8.1.2.1 y 8.1.2.2.

La inspección del contratista es la inspección y las pruebas que se realizarán antes del ensamblaje, durante el ensamblaje y la soldadura, y después de la soldadura para garantizar que

los materiales y la mano de obra cumplan con los requisitos de los documentos del contrato. La inspección y las pruebas de fabricación y montaje serán responsabilidad del contratista, a menos que se especifique lo contrario en los documentos del contrato. Como se establece en la Cláusula 8.1.2.1, estas son las inspecciones reales del producto (es decir, las dimensiones y la calidad de la soldadura), y son responsabilidad del contratista y generalmente se delegan al inspector del contratista. Además, el contratista debe cumplir con las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) y las calificaciones del soldador. Estos deberes a menudo también se delegan al inspector del contratista.

Inspección de verificación

La inspección de verificación es un tipo de inspección y prueba realizada en la que los resultados se informan oportunamente al propietario y al contratista para evitar retrasos en la obra. Los elementos típicos de inspección de verificación (piense en la auditoría para esta función) son los siguientes:

- Revisión de los WPS del contratista para verificar su idoneidad para el trabajo a realizar;
- Revisión de los registros de calificación de desempeño del soldador (WPQR) del contratista, o tal vez incluso atestiguar las demostraciones de calificación del soldador;
- Revisión de los informes de prueba de materiales (MTR);
- Acreditación de que los planes de inspección y ensayo (ITPs) o viajeros se encuentran actualizados y vigentes; y
- Verificación de que los informes de pruebas no destructivas (NDE) y las certificaciones del personal, así como otros elementos relacionados con la calidad requeridos por el contrato estén debidamente documentados.

Esta auditoría tiene como objetivo garantizar que las funciones de Control de Calidad se hayan realizado adecuadamente y que el sistema de calidad del contratista funcione correctamente. La intención es básicamente “controlar la calidad” de Control de Calidad; sin embargo, las funciones de Garantía de calidad no excluyen necesariamente al inspector de Garantía de calidad de verificar algunas o todas las inspecciones responsables del Control de Calidad.

El alcance de la inspección real del producto puede especificarse en el contrato, en el contrato de trabajo del inspector de Garantía de Calidad, o puede determinarse según sea necesario siempre que haya motivos para cuestionar la credibilidad de las inspecciones del contratista. Esta función generalmente la realiza Garantía de Calidad del propietario o un inspector externo contratado.

A discreción del propietario, las funciones de Garantía de Calidad pueden delegarse en el contratista; sin embargo, esto puede interpretarse como el zorro cuidando el gallinero. Es mejor reservar esta opción para contratistas con una excelente reputación de calidad y con un sistema de calidad sólido, como AWS Certified Welding Fabricator (CWF), ISO 9000 y otros. Los contratistas con sistemas de calidad certificados son auditados periódicamente por el organismo de certificación para garantizar que haya evidencia de que el contratista está realizando las tareas de calidad de acuerdo con su sistema de calidad documentado. Por lo general, la organización del propietario auditaría el sistema de calidad del contratista y lo aprobaría como proveedor aprobado. Esta aprobación puede justificar la delegación de algunas o todas las funciones de Garantía de Calidad al contratista.

Productos soldados

Con respecto a los productos soldados, los inspectores de Garantía de Calidad y Control de Calidad suelen desempeñar

funciones diferentes y tienen responsabilidades diferentes. Por ejemplo, un inspector de Garantía de Calidad (que trabaja para el contratista) generalmente se considera un gran experto en soldadura y quizás sea un inspector de soldadura certificado por AWS (CWI). Además de los deberes de inspección típicos, el inspector del contratista (QC) puede encargarse de dirigir a los soldadores del contratista sobre cuestiones de calidad y soldadura. Esta misma actividad sería totalmente inapropiada para un inspector del propietario (QA). La responsabilidad del inspector del propietario es informar de inmediato las observaciones (tanto aceptables como no aceptables) al propietario y a la gerencia o supervisión del contratista. Esto significa que un inspector de Garantía de Calidad puede plantear inquietudes a la supervisión del soldador, lo que permite que el contratista inicie las correcciones apropiadas. En cualquier caso, la personalidad del inspector (ya sea QA o QC) juega un papel clave en el sistema de calidad.

La comunicación es vital

El profesional de calidad (QA o QC) debe ser un excelente comunicador. Deben poder hablar y comprender la jerga de los ingenieros y los soldadores, y deben esforzarse por desarrollar una relación profesional con todas las partes involucradas. Habiendo trabajado en los roles de Garantía de Calidad y Control de Calidad, me gustan por igual. Ambos tienen sus desafíos y recompensas únicos. Ambos roles se basan en ayudar a garantizar que el cliente reciba productos y servicios de la más alta calidad dentro o fuera de los requisitos del contrato. [WJ](#)

DARYL PETERSON (daryl.peterson@outlook.com) es gerente de calidad en Central Maintenance and Welding, Lithia, Florida. Es inspector de AWS SCWI, ASNT Nivel III, API 653 y SSPC PCI Nivel II.

ÍNDICE DE ANUNCIANTES

AWS Certification aws.org/certification	2, 15 (305) 443-9353	Cor-Met, Inc. cor-met.com	13 (800) 848-2719
AWS Conference aws.org/iec	21 (305) 443-9353	Dengensha México sales@dengensha.com	9 (477) 226-9327
AWS Membresía aws.org/takethetorch	27 (305) 443-9353	Genstar Technologies, Inc. gentec.com	20 (909) 606-2726
AWS Standards aws.org/d1	31 (305) 443-9353	Hypertherm hypertherm.com	5 Contacto Web
Bradford Derustit Corp. derustit.com	9 (714) 695-0899	Okila S.A. de C.V. okila.net	Portada trasera (40) (55) 5747-6600



OKILA[®]
entregando VALOR

FABTECH
MEXICO

Visítanos en el stand
#2809



CORTEC[®]

**Equipos y accesorios
para oxicrote
y plasma**



WELDED500[®]

**Máquinas y accesorios
para soldar**



safe100[®]

Artículos de protección industrial

Contamos con distribuidores en toda la República Mexicana

Ciudad de México ☎ (55)5747-6600
Suc. Monterrey ☎ (81)1970-9900 al 20

✉ contactoweb@okila.com.mx
🌐 www.okila.net  [/OKILAMEXICO](https://www.facebook.com/OKILAMEXICO)