

# WELDING JOURNAL



OCTUBRE 2024

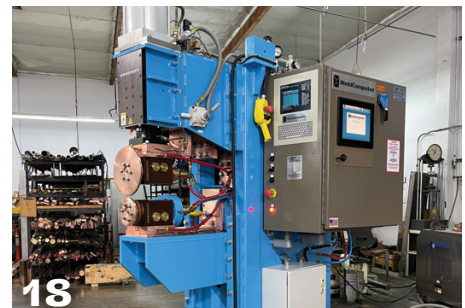
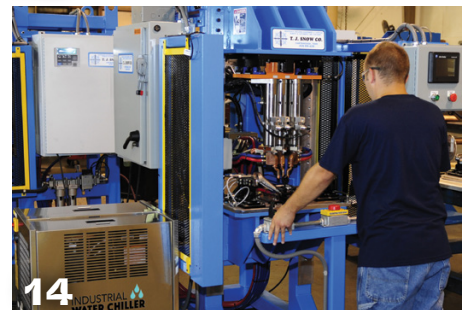
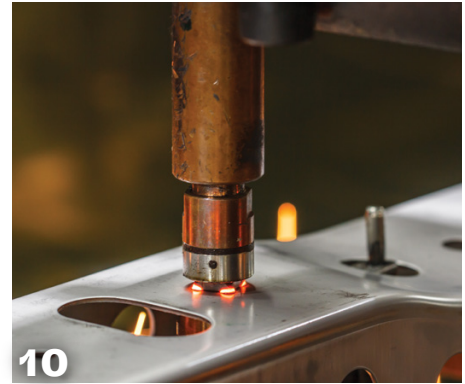
EN ESPAÑOL

**Máquinas de  
soldadura por  
resistencia**

**Soldadura de  
aluminio**

## ARTÍCULOS

- 10** Las cinco interrogantes acerca de CRWT  
Conozca todo sobre esta certificación de la AWS para soldadura por resistencia y por qué debe considerarla  
D. Decorte
- 14** Las máquinas de soldadura por resistencia están sedientas  
Cómo el enfriador de agua adecuado mejorará el proceso de su máquina y le permitirá ahorrar dinero  
T. Snow
- 18** Especificaciones de la máquina de soldadura por resistencia que afectan la calidad  
Estos parámetros que a menudo se pasan por alto pueden provocar una respuesta inconsistente de la cortina  
R. Cohen
- 24** Una guía para soldaduras de aluminio  
Las propiedades únicas de este metal requieren una consideración especial  
S. Relyea
- 26** Deposición de energía dirigida por arco robótico y fabricación convergente de componentes marinos  
Las nuevas herramientas satisfacen las necesidades de las aplicaciones de reparación y producción de piezas marinas de gran formato  
M. Carney, J. L. McNeil, y D. Harwig



## SECCIONES

- |          |                                       |           |                         |
|----------|---------------------------------------|-----------|-------------------------|
| <b>4</b> | Editorial                             | <b>8</b>  | Noticias de la sociedad |
| <b>5</b> | Cuaderno de trabajo                   | <b>37</b> | Nuevos productos        |
| <b>6</b> | Preguntas y respuestas — de seguridad | <b>39</b> | Índice de anunciantes   |

## ARTÍCULOS

### 30 La seguridad es lo primero: cómo encontrar el EPP adecuado para sus necesidades

Conozca todo sobre esta certificación en AWS y por qué debe considerar obtenerla

E. Nelson

### 34 La soldadura de aluminio al descubierto

Cinco estrategias principales para la fusión de la raíz

S. Walkowski



En la portada: Electrodo de cobre para soldadura por resistencia por puntos. (Crédito: Shutterstock.)

## OFFICERS

**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

**Vice President** K. Shatell  
Pacific Gas & Electric Co.

**Treasurer** Mary Bihrl  
Consultant

**Interim Executive Director & CEO** Robert "Bob"  
W. Roth  
American Welding Society

## DIRECTORS

R. Ashelford (Dist. 13), Rock Valley College

A. Blakeney (Dist. 9), Welding Educator

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.

T. Jumper (Dist. 14), Lewis and Clark Community College

T. Kinnaman (Dist. 1), T. C. Kinnaman Welding Solutions

T. Kostreba (Dist. 10), Erie High School

V. Kuruville (Dist. 17), Lexicon Inc.

D. H. Lange (Dist. 12), Northeast Wisconsin Tech. College

S. Moran (Dist. 3), General Dynamics Electric Boat

W. F. Newell (At Large), Euroweld Ltd.

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

Wesley Doneth (Dist. 11), Fronius USA LLC

L. E. Showalter (At Large), Newport News Shipbuilding

M. M. Skiles (At Large), Consultant

R. H. Stahura (Dist. 6), ESAB Welding & Cutting Products

J. Thompson (Dist. 8), Consultant

B. Towell (Dist. 19), Industrial Inspection & Services LLC

Vacant (Dist. 2)

H. J. Wolf (At Large), Madison Area Technical College

## 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](mailto: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

# La evolución del acero en la industria automotriz



**Donald F. Maatz Jr.**  
Gerente de  
Laboratorio, R&E  
Automated Systems

**“La lista de posibilidades de los materiales automotrices modernos es de una amplitud casi increíble. Si vemos los grados automotrices de acero al carbón disponibles, vemos una gama de propiedades que no era posible hace 40 años: un límite de resistencia a la tracción (UTS, por sus siglas en inglés) que va de 200 a 2000 MPa, con una elongación correspondiente entre 50 y 5%”.**

El proceso de soldadura de puntos por resistencia (RSW, por sus siglas en inglés) ha tenido un papel sobresaliente en la soldadura automotriz por más de 100 años. A pesar de los muchos avances con otros procesos de unión (que incluyen los sujetadores mecánicos) en este campo competitivo, es difícil igualar la flexibilidad, la robustez y la asequibilidad de una soldadura de puntos por resistencia.

Lo mismo puede decirse del acero, el material principal usado en estructuras de carrocerías ([steel.org/steel-markets/automotive](http://steel.org/steel-markets/automotive)). A pesar del aumento en el uso de aluminio y otros materiales, el acero sigue siendo el material preferido para muchas aplicaciones.

Los últimos 40 años han traído cambios increíbles a la industria automotriz. Por ejemplo, mi Ford Mustang GT 1984 tenía un carburador en un 302 *small block V8*. Actualmente, es común ver turbocargador e inyección de combustible directa en motores de tres cilindros. Adivine cuál produce más potencia, tiene menos emisiones y alcanza un mejor kilometraje.

Estos cambios pueden verse también en la manera en que las estructuras de carrocería de antaño se han transformado en encarnaciones modernas. Estos diseños modernos son más robustos y más ligeros que sus antecesores, y brindan mucha mejor protección contra choque. Además, siguen soldándose con RSW, pues siguen siendo acero en su mayor parte. Sin embargo, ¿cómo han cambiado los aceros en las últimas décadas?

La lista de posibilidades de los materiales automotrices modernos es de una amplitud casi increíble. Si vemos los grados automotrices de acero al carbón disponibles, vemos una gama de propiedades que no era posible hace 40 años: un límite de resistencia a la tracción (UTS, por sus siglas en inglés) que va de 200 a 2000 MPa, con una elongación correspondiente entre 50 y 5%.

¿Necesita un refuerzo para evitar intrusión en el espacio del pasajero? Pruebe con acero templado por presión con una UTS arriba de 2000 MPa. ¿Necesita un material con una UTS alta y un alto índice de elasticidad para un componente del chasis? Hay un material de fase compleja listo para usarse. Estamos muy lejos de los días en que la mayoría de los componentes de carrocería eran de acero suave, templado por horno o de baja aleación de alta resistencia. Como todo lo demás, el acero que usamos ha evolucionado.

La comunidad de la soldadura por resistencia también ha respondido con avances en los controles de soldadura, en el monitoreo del proceso, en las aleaciones de los electrodos, en las metodologías de calendarización, en las fuentes de poder, etc. Nadie se queda quieto. Entonces, ¿dónde se une todo esto?

La AWS puede ayudar. El Subcomité AWS D8D en Soldadura Automotriz de Puntos por Resistencia ha estado desarrollando estándares para la industria automotriz por muchos años y puede brindar orientación en este sentido.

¿Cómo debemos caracterizar la soldabilidad de estos diferentes materiales? La especificación *AWS D8.9M:2022, Test Methods for Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials* (Métodos de prueba para evaluar el comportamiento de la soldadura de puntos por resistencia de materiales automotrices de chapa de acero) ayuda al respecto. Las evaluaciones del consenso de la industria de este estándar pueden ayudar a determinar la soldabilidad de los nuevos materiales y la robustez de los nuevos procesos.

Una vez soldado, ¿cómo se determina la aceptabilidad? La especificación *AWS D8.1M:2021, Specification for Automotive Weld Quality — Resistance Spot Welding of Steel* (Especificación para la calidad de la soldadura automotriz Soldadura de puntos por resistencia del acero), es otro estándar de consenso de la industria escrito específicamente teniendo en mente las nuevas generaciones de acero.

Tanto AWS D8.1 como D8.9 son referencias esenciales dentro de la comunidad automotriz y son parte de muchos programas de calidad. Ambos documentos (y otros) están dentro del ámbito del Subcomité AWS D8D. Nuestra meta es reunir a las mejores mentes de la soldadura para ayudar a la industria. Aun cuando nuestro trabajo nunca termina, es pertinente tomarse el tiempo para reconocer estos esfuerzos de vez en cuando. Como presidente del D8D, soy tanto el beneficiario de mis antecesores como el guardián de su legado. Como tal, yo, junto con los demás miembros del comité, seguiré tratando los problemas difíciles conforme lleguen a este grupo de voluntarios y conforme evolucione la industria. [WJ](#)

# Seguridad en la soldadura por resistencia

ANSI Z49.1:2021, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*, (Seguridad en soldadura, corte y procesos afines), es para la protección de las personas contra lesiones y enfermedades, y para la protección de la propiedad (incluido el equipo) contra daño por fuego y explosiones que surjan de la soldadura, el corte y procesos afines.

## Resumen explicativo

Se incluyen estipulaciones para soldadura por resistencia entre muchos otros procesos, que incluyen soldadura por arco y corte con gas oxcombustible, soldadura por haz de electrones, soldadura y corte por láser, y soldadura fuerte y soldadura blanda..

## Selección de tipo

Los operadores del equipo para soldadura fuerte o soldadura por resistencia y sus ayudantes deben usar anteojos de seguridad o un casco para soldar o careta para soldar sobre lentes o anteojos para protección de los ojos y de la cara..

## En general

El alcance de esta sección se limita a equipo para soldar que usa los principios de la soldadura por resistencia definidos en la publicación de la AWS A3.0M/A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions* (Términos y definiciones estándar de soldadura).

## Selección

Todo equipo de soldadura por resistencia debe seleccionarse para una aplicación segura para el trabajo que se pretende realizar. Deben considerarse los aspectos de seguridad del personal de soldadura por resistencia al elegir equipo para el trabajo que se va a realizar.

## Capacitación del operador

Los trabajadores designados para operar equipo de soldadura por resistencia deben haber sido capacitados adecuadamente y declarados competentes para operar dicho equipo.

*Adaptado de ANSI Z49.1:2021, Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes.*

## Instalación

Todo equipo debe instalarse de acuerdo con NFPA 79, *Electrical Standard for Industrial Machinery*; NFPA 70E, *Standard for Electrical Safety in the Workplace*®; y NFPA 70, *National Electrical Code*® o sus equivalentes en protección con base en los avances en tecnología. El equipo debe ser instalado por personal calificado bajo la dirección de un supervisor técnico.

## Guardas


### Dispositivos de inicio de control

Los dispositivos de inicio de control como botones pulsadores, interruptores de pedal, sistemas de retracción e interruptores programables duales en todo el equipo de soldadura, incluyendo pistolas manuales, deben acomodarse o resguardarse para evitar que el operador los active inadvertidamente..

### Equipo estacionario

**General.** Todas las cadenas, engranes, articulaciones operacionales y bandas asociadas con el equipo de soldadura deben protegerse de acuerdo con ANSI B15.1, *Safety Standard for Mechanical Power Transmission Apparatus* (Estándar de seguridad para aparato de transmisión de energía mecánica)..

**Equipo de una sola cortina y de un solo punto.** En máquinas para soldar estacionarias de una sola cortina, a menos que el tamaño de la pieza de trabajo, la configuración o el herramental (por ejemplo guías y fijaciones) ocupe ambas manos del operador remotamente del punto de operación durante el ciclo de la máquina, las operaciones deben ser de modo que se eviten lesiones al operador, mediante alguno de los siguientes elementos o una combinación de los mismos:

- 1) Guardas o fijaciones de la máquina que eviten que las manos del operador pasen debajo del punto de operación
- 2) Controles a dos manos
- 3) Candados
- 4) Dispositivos sensores de presencia o
- 5) Algún dispositivo o mecanismo similar que evite la operación de la cortina mientras que las manos del operador estén debajo del punto de operación. 

**P: ¿Con qué frecuencia deben actualizarse los planes de emergencia de nuestro taller, y aparte del uso de equipo de protección personal, qué precauciones importantes de seguridad deben tomarse?**

**R:** La planta de producción del fabricante es diferente a cualquier otro espacio debido a que está en constante cambio. Por lo tanto, los planes

de emergencia deben establecerse y actualizarse con todo cambio en el taller.

De acuerdo con OSHA 1910.38(c), Emergency action plans – Minimum

elements of an emergency action plan (Planes de acción de emergencia—Elementos mínimos de un plan de acción de emergencia), un plan de acción de emergencia debe incluir, al menos, lo siguiente:

1. Procedimientos para reportar un incendio u otra emergencia;
2. Procedimientos para evacuación de emergencia, que incluyen tipo de evacuación y designaciones de rutas de salida;
3. Procedimientos que deben seguir los empleados que se quedan para realizar operaciones críticas de la planta antes de ser evacuados;
4. Procedimientos que deben considerar todos los empleados después de la evacuación;
5. Procedimientos que deben seguir los empleados que llevan a cabo funciones de rescate o médicas; y
6. El nombre o título de trabajo de cada empleado al cual otros empleados pueden contactar para más información acerca del plan, o para una explicación de sus tareas bajo el plan.

**Cuando cambian los arreglos, debe cambiar su plan**

Los materiales fabricados alteran el ambiente del taller. Un cambio en el número de estaciones de trabajo en el taller también altera el ambiente. ¿Instaló un nuevo equipo que afecta la ruta de salida? Todos estos escenarios requieren una actualización de los planes de emergencia – Fig. 1.

OSHA 1910.34, Coverage and definitions (Cobertura y definiciones), define



*Una salida obstruida después de la instalación de nuevo equipo.*

una ruta de salida como “una trayectoria continua y sin obstrucciones de recorrido de salida desde cualquier punto dentro de un lugar de trabajo hacia un lugar de seguridad (que incluye áreas de refugio)”.

Adicionalmente, OSHA 1910.38(f) (3), Coverage and definitions — Review of emergency action plan (Cobertura y definiciones—Revisión del plan de acción de emergencia), dice que un empleador debe revisar el plan de acción de emergencia con cada empleado cubierto por el plan cuando éste se cambie.

## Incendio y precauciones de salud

Otra preocupación importante es si todos saben dónde se localiza el extintor de fuego más cercano, así como la manera en que se usa. Si el empleador provee extintores de fuego portátiles, OSHA 1910.157(g)(1), Portable fire extinguishers — Training and education (Extintores de fuego portátiles—Capacitación y educación), requiere que el empleador además debe proveer un programa educativo para familiarizar a los empleados con los principios generales de uso del extintor de fuego. Los extintores de fuego deben tener una etiqueta que indique cuándo se hizo la última verificación anual de mantenimiento. La etiqueta ayuda a identificar visualmente que este mantenimiento cumple con OSHA 1910.157(e)(3), Portable fire extinguishers — Inspection, maintenance and training (Extintores de fuego portátiles – Inspección, mantenimiento y capacitación). Sin embargo, las inspecciones anuales no son el único requerimiento. Los extintores de fuego portátiles deben inspeccionarse visualmente cada mes de acuerdo con OSHA 1910.157(e)(2), Portable fire extinguishers — Inspection, maintenance and training.

También es buena idea que miembros del departamento local de bomberos hagan un recorrido de su lugar de trabajo, para que estén familiarizados con el arreglo y riesgos potenciales. Esto podría ayudar al personal de servicios de emergencia a estar mejor preparado en caso de una emergencia en su lugar de trabajo.

Existen numerosas reglas y regulaciones establecidas con el fin de asegurar que usted regrese a casa al final de cada día de trabajo, pero las lesiones y riesgos relacionados con el trabajo no son los únicos eventos por los que usted debe tener un plan de emergencia.

Una búsqueda rápida en internet le mostrará que año con año, en Estados Unidos, la principal causa de muerte son las cardiopatías. ¿Alguien de su sitio de trabajo sabe RCP? ¿Su trabajo tiene un desfibrilador externo automatizado (DEA)?

De acuerdo con los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos, las unidades de servicio médico de emergencia (SME) promedian siete minutos desde el momento de una llamada al 911 hasta la llegada a la escena. Ese tiempo promedio aumenta a más de 14 minutos en escenarios rurales, con 1 de cada diez esperando casi media hora la llegada de personal de SME. El costo de una clase de entrenamiento en RCP y un DEA es menor al valor que usted y su familia le pondrían a su vida.

## Sea proactivo

Como técnico médico en emergencias (EMT, por sus siglas en inglés), estoy capacitado en cómo atender emergencias. Ese entrenamiento fue extenso y repetitivo. Fue aprendizaje reforzado con acción.

Como soldador, estoy capacitado en cómo soldar. Esa capacitación fue extensa y repetitiva. Fue aprendizaje reforzado con acción. Sin embargo, ser un soldador certificado, igual que ser un EMT, no es un evento de certificación de una sola ocasión. Esto requiere práctica y capacitación continuas.

Tener un plan de acción de emergencia en el anaquel llenándose de polvo no califica como estar preparado para una emergencia. Esto requiere aprendizaje reforzado con acción. Usted nunca lamentará estar bien preparado, y siempre lamentará estar mal preparado. [WJ](#)

**MATTHEW HAAKSMA** ([matthewh@OciLLc.com](mailto:matthewh@OciLLc.com)) es inspector certificado de soldadura de Orange County Ironworks LLC, Montgomery, N.Y.



**WESTON**  
TOOLS

SÉ PARTE DE NUESTRA  
**EVOLUCIÓN**

NUEVA TECNOLOGÍA  
NUEVA IMAGEN  
**MAYOR PODER**

**DISPONIBLES**  
con nuestros distribuidores

**LA MARCA PARA LA INDUSTRIA**

[www.westontools.com.mx](http://www.westontools.com.mx)  
☎ 52 1 33 2390 5638  
✉ [info@westontools.com.mx](mailto:info@westontools.com.mx)

## Perfil de miembro de la AWS



Emily Murray

### Un miembro estudiantil de la AWS aprende acerca de la industria mediante una clase de metales

**E**mily Murray nunca pensó en la industria de la soldadura como un camino posible en su carrera. Ella no pensaba mucho en un empleo durante los años de enseñanza media. Luego, llegó el 2020, y una pandemia impactó a la mayor parte del mundo. Cuando las escuelas intentaron sortear un paro mundial para asegurar que los estudiantes pudieran continuar de manera segura su aprendizaje presencial práctico, Murray, recién llegada a preparatoria, se inscribió a una clase de taller de metal en la escuela de su área, Cranberry Area Junior Senior High School, Seneca, Pensilvania.

“En mi noveno año de escuela, me inscribí en una clase de metales. En ese tiempo, estábamos luchando para seguir en la escuela debido al COVID-19”, explicó. “Hicimos un poco de soldadura de forja en una unidad de forjado en la que participábamos. Sin embargo, cuando llegamos al último mes de escuela, empezamos nuestra unidad de soldadura. Hicimos corte con oxcombustible y soldadura con electrodo revestido (soldadura por arco con electrodo metálico revestido).

La unidad de soldadura despertó el interés de Murray debido a que le brindó independencia. Me encantó todo lo que la soldadura me permitía tener”, explicó.

Después de la clase de metal, lo único que quería Murray era continuar su educación en el campo de la soldadura. Tuvo la oportunidad de ir a una escuela vocacional a través de su escuela. Aprovechó la oportunidad, y durante su décimo año se inscribió en el programa de soldadura en Venango

Technology Center (VTC), Oil City, Pensilvania, donde fue aceptada. Murray iniciaba sus mañanas tomando las clases académicas requeridas en Cranberry y luego pasaba sus tardes aprendiendo su oficio en VTC.

“Mis días empezaban con cuatro clases académicas seguidas por un periodo para comer. Después, tomaba el autobús que me lleva a VTC. Una vez que llego, tengo apenas dos horas para trabajar en mis destrezas y aprender nuevas”, explicó.

### Los beneficios de ser miembro estudiantil de la AWS

Su instructor, Travis Crate, presidente de la sección estudiantil de Drake Well, la ha guiado y sigue inspirándola a aprender más sobre la industria.

“Él ha sido mi instructor durante los tres años que he ido a VTC”, dijo. “Me ha inspirado mucho mediante competencias e historias de su vida que ha contado. En los altibajos de la vida y en los días tristes que regresaba a casa de las competencias con las manos vacías, siempre ha tenido un consejo para que continúe. Los tiempos no siempre son fáciles, pero le importamos y quiere vernos triunfar”.

Crate además animó a Murray a unirse a la sección estudiantil de la AWS antes de que empezara la membresía estudiantil gratuita en 2023. “Nos daría una camiseta de la AWS si nos uníamos, y a veces haríamos alguna excursión”,



dijo. “Hizo esto por nosotros debido a que ‘nos estábamos jugando algo’, el dinero que pagamos por la membresía. Además nos animó a unirnos por la posibilidad de solicitar becas de la AWS si planeábamos estudiar más después de la graduación”.

Actualmente, los estudiantes pueden disfrutar de una membresía gratuita, lo cual les permite contactarse con empleadores en el área. Esto ha sido muy benéfico para Murray.

“Como miembro de la AWS, he recibido muchísimas oportunidades de ver y hacer muchísimas cosas”, dijo. “Dos de las cosas más recientes que experimenté fueron ir a la Conferencia del Distrito 10 en Youngstown, Ohio, y otra cosa realmente buena que experimenté fue el encuentro con el presidente de la AWS, Michael A. Krupnicki. Estábamos en una ceremonia de competencia de soldadura, y él vino y nos habló. Después, tomé una foto de grupo con todos los estudiantes que estaban presentes. Además, he ido a juntas de Distrito y he visto muchísimos lugares en mi área que ni siquiera sabía que existían”.

Murray además ha participado en competencias de soldadura, que incluyen la competencia AWS Weld-Off y la National Welding League—Project MFG, y ha asistido a juntas de Distrito. Ocupó diversos puestos administrativos en la Sección Estudiantil de Drake Well, incluyendo el de secretaria durante su penúltimo año y presidenta en su último año.

“Otra excelente oportunidad fue mi introducción a la National Technical Honors Society en mi penúltimo año de asistir a VTC”, agregó.

## Rompiendo las normas en una industria dominada por los hombres

Aunque la soldadura tradicionalmente ha sido dominada por los hombres, las soldadoras están empezando a abrirse camino lentamente. Ella nunca ha visto las vastas diferencias en número entre géneros en sus clases de soldadura o durante las competencias de soldadura, lo que ella ve es motivación.

“No me molesta”, dijo. “Tuve una crianza ruda, así que cuando tratan de hacerme sentir mal o dicen algo que esperan que me moleste, eso no pasa, tengo la piel gruesa. La forma en que los chicos me hablan y tratan de menospreciarme es una motivación. Me hace desear hacer más y mostrarles que aunque sea una mujer, puedo hacer el trabajo igual, o incluso mejor que ellos. No dejaré que las cosas que la gente me dice se reflejen en el exterior, pero seguramente podré usar todo eso internamente para trabajar más duro”.

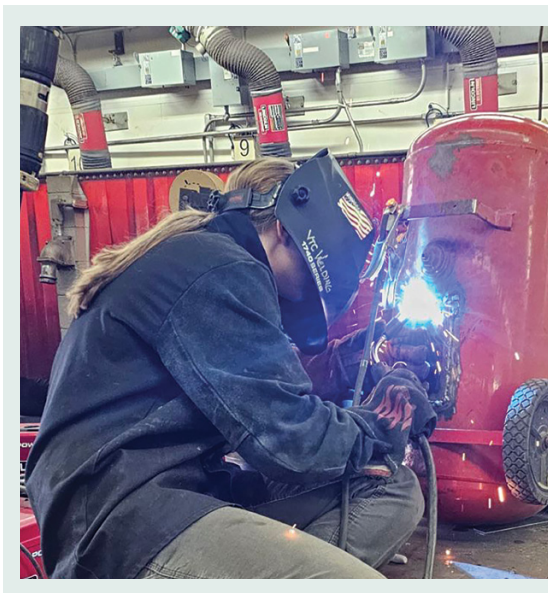
## Los contratiempos dan lugar a una nueva oportunidad

Murray ha mostrado interés en ensayos no destructivos, una nueva posibilidad que despertó su interés después de un contratiempo de salud.

El verano pasado, tuve problemas de salud que realmente implicaron un obstáculo para mi habilidad de soldar. Estaba enferma todo el tiempo y no podía comer ni beber. Otra cosa que surgió con estos problemas de salud fue la intolerancia al calor. Cuando descubrí que exponerme a mucho calor me enfermaba, me sentí desolada y perdida. Creí que me iba a quedar sin lo único en lo que me había esforzado tanto por sobresalir, por lo que empecé a buscar más opciones”.

Recordó una competencia pasada donde los jueces hicieron pruebas de rayos X en las placas de su equipo. Buscando y con un poco de investigación, descubrió los ensayos no destructivos. Creyó que si seguía en la ruta de la soldadura, muy probablemente iría a trabajar después de la graduación. Sin embargo, con la ruta de NDE, tendría la oportunidad de continuar su preparación en esta nueva área en Texas.

“Mis futuras metas de carrera no están escritas en piedra al 100%”, dijo. “Planeo ya sea ir a la escuela y aprender lo que se requiera para convertirme en una técnica de ensayos no destructivos (NDE) o usar el conocimiento que ya tengo y entrar de lleno al campo. Otra opción que sería emocionante experimentar es ser una soldadora viajera. Me gustaría viajar con mi trabajo si se presentara la oportunidad”. **WJ**



(extrema izquierda) Murray repara un compresor de aire con un agujero en la parte inferior.

(izquierda) Murray suelda en la parte superior de un tanque de combustible que fue instalado en un rancho.



Las cinco  
interrogantes  
acerca de la  
certificación

**CRWT**

POR DON DECORTE

**Conozca todo sobre esta certificación de la AWS para soldadura por resistencia y por qué debe considerarla**

**Q**uienes ya hayan tomado una clase básica de escritura o periodismo es muy probable que se hayan familiarizado con las cinco interrogantes de quién, qué, cuándo, dónde y por qué. Mi objetivo en este artículo es familiarizarlo con una de nuestras más nuevas certificaciones de la AWS, la certificación CRWT (Técnico certificado en soldadura por resistencia, por sus siglas en inglés) y describir sus cinco interrogantes.

## Qué

¿Qué es un CRWT? Un CRWT es una persona que satisface las calificaciones descritas en AWS C1.5:2019, *Specification for the Qualification of Resistance Welding Technicians* (Especificación para la calificación de técnicos en soldadura por resistencia), y ha pasado satisfactoriamente el examen CRWT descrito en AWS QC20:2020, *Specification for AWS Certification of Resistance Welding Technicians* (Especificación para certificación en AWS de técnicos en soldadura por resistencia).

La idea de un CRWT fue pensada originalmente por los miembros de la *Resistance Welder Manufacturers Association* (RWMA, conocida actualmente como la *Resistance Welding Manufacturing Alliance*), y luego fue creada por un grupo de profesionales dedicados a la soldadura por resistencia que pertenecen a muy diversas áreas de la industria de la soldadura por resistencia, que trabajan conjuntamente con profesionales de la AWS. Para saber más sobre la RWMA, lea la barra lateral de este artículo facilitada por Niels Johnson.

## Quién

¿Quién es un CRWT? Esta certificación va dirigida a individuos con experiencia en el diseño, aplicación u operación de líneas o celdas de soldadura para la manufactura de productos soldados por resistencia. Además, la certificación CRWT ([aws.org/crwt](http://aws.org/crwt)) no está dirigida a un nivel académico específico, como por ejemplo a una carrera de ingeniería. Fue diseñada específicamente como una base sólida de conocimiento en soldadura por resistencia para todo aquél que trabaje en soldadura por resistencia o en torno a la misma, para asegurar que tenga una buena comprensión de los cuatro procesos de soldadura por resistencia, aplicaciones relacionadas, mantenimiento y operación de máquinas y equipo.

## Por qué

¿Por qué un CRWT? La RWMA y la industria de la soldadura por resistencia reconocieron la necesidad de una calificación y prueba estandarizada de soldadura por resistencia para certificar a las personas que trabajan en la industria de la soldadura por resistencia.

## Cuándo

¿Cuándo empezó el programa CRWT? Aquí un poco de historia: a finales de la década de los años 1990, los miembros de la RWMA reconocieron la falta de una calificación formal para individuos que trabajaban en la industria de la soldadura por resistencia. Muchas compañías estaban tratando de contratar personas que trabajaran en la industria de la soldadura por resistencia o ya tenían personas trabajando en el campo de la soldadura por resistencia pero no tenían manera de calificar el conocimiento en soldadura por resistencia de alguien a menos que crearan su propia prueba/calificaciones. La RWMA, que en esa época no era parte de la AWS ni estaba relacionada directamente con ésta, decidió formar un comité de la RWMA y le encargó la creación de una especificación/calificación para técnico en soldadura por resistencia con base en materiales publicados de la RWMA y de la AWS. La referencia básica fue el curso de soldadura en resistencia impartido cada año por la RWMA. La idea era que alguien asistiera al curso de la RWMA, se inscribiera para hacer la prueba, y obtuviera una credencial de la RWMA de cierto tipo que mostrara que había pasado con éxito el examen. El comité de la RWMA inició y empezó a organizar una calificación así como material para respaldarla. Debido a este trabajo hecho por voluntarios y a muchos cambios que estaban ocurriendo en la RWMA, el proceso llevó mucho tiempo para llegar finalmente a una especificación y calificación utilizable.

Por esta época, la RWMA también empezó a considerar unirse a la AWS debido a cambios dentro de la alianza y en la industria en general que los encaminaban en la dirección de trabajar más cerca entre sí y no por separado. Junio de 2005 vio la unión oficial de la AWS y la RWMA, convirtiéndose la RWMA en un Comité Permanente de la AWS. La RWMA actualmente opera junto con la AWS. Durante esa época, continuó el trabajo en la especificación de técnico en soldadura por resistencia de la RWMA, y la AWS empezó a apoyar el trabajo del Comité para Técnico en Soldadura por Resistencia. El comité finalmente creó la edición 2011 de la AWS QC20, la cual se convirtió en la especificación fundamental, luego creó la AWS C1.5.

Yendo a tiempos más actuales, durante las primeras pruebas beta y lanzamiento de CRWT, fue claro que algún material necesitaba actualizarse y se requerirían muchas nuevas preguntas para el banco de exámenes. En ese punto, el departamento de certificación de la AWS, trabajando con una compañía de capacitación profesional, utilizó un análisis de tareas de trabajo completamente nuevo y usó lo que se denomina el procedimiento Angoff Modificado para rediseñar el examen y estándar/puntaje de aprobación para el examen CRWT. Fue la primera vez que la AWS usó este proceso para una certificación. Un conjunto completamente nuevo de preguntas de prueba y un nuevo examen fueron creados por un equipo voluntario de profesionales en soldadura por resistencia bajo la supervisión de la AWS y de una compañía de pruebas profesionales contratada.

El departamento de certificación de la AWS además recibió mucha retroalimentación cuando hizo la prueba beta de la nueva prueba CRWT. Debido a que esto ocurrió al inicio de la pandemia de COVID, sufrimos un lanzamiento lento,

pero hubo mucha realimentación de personas que hicieron el examen y le pidieron a la AWS un seminario previo al examen de CRWT para ayudar a las personas a mejorar su capacidad para pasar el examen CRWT.

## RWMA: antes, ahora y más allá

Fundada como la *Resistance Welder Manufacturers Association* en 1935 por pioneros en la industria de la soldadura por resistencia, la RWMA ha sido la primera organización establecedora de estándares para la soldadura por resistencia durante casi 100 años. En la década de los años 1930, la soldadura por resistencia ganó popularidad debido a su eficiencia y confiabilidad. Al reconocer el potencial de más avances, estos pioneros formaron una alianza para colaborar y compartir su conocimiento. Durante la Segunda Guerra Mundial, el trabajo de la RWMA se volvió aún más crítico conforme aumentó la demanda de métodos de soldadura eficientes, exactos y repetibles.

En las siguientes décadas, la RWMA tuvo un papel fundamental en el desarrollo y estandarización de los procesos de soldadura por resistencia. Sus esfuerzos dieron lugar al establecimiento de directrices y especificaciones en toda la industria. Éstas aseguraron una calidad consistente tanto en las soldaduras por resistencia en sí como en el equipo que hace las soldaduras. La RWMA trabajó muy de cerca con los fabricantes para innovar y refinar las tecnologías de la soldadura por resistencia, así como para desarrollar y publicar programas estandarizados de soldadura como puntos de inicio para diversos materiales en diferentes espesores. Con el surgimiento de nuevos materiales y avances en la automatización, la organización permaneció a la vanguardia de los desarrollos industriales. Como líderes de la industria, la RWMA y la AWS incorporaron extractos de estándares de cada organización en las publicaciones y estándares de una y otra.

Para mediados de la década de los años 1990, los estándares de la RWMA se habían aplicado por mucho tiempo a equipo de soldadura por resistencia y a las soldaduras en sí. Sin embargo, no se habían aplicado estándares a los operadores y personal de mantenimiento que operaba y daba servicio al equipo de soldadura por resistencia. Los cambios en la industria implicaron que los operadores de máquina ya no estuvieran operando una sola máquina ni supieran cómo una soldadura buena se sentía, se veía y sonaba al salir de cada equipo. Los cambios de personal significaban que el personal de mantenimiento tenía que dar servicio cada vez a más y más equipo en una amplia variedad de procesos de producción. Se necesitaba cierta forma de base de conocimiento estandarizada para estos operadores y personal de mantenimiento. Por esta razón, empezó a tomar forma la idea de lo que eventualmente se convertiría en la certificación CRWT.

Como se mencionó en el artículo de Don DeCorte, la RWMA se convirtió en un comité permanente de la AWS

y cambió su nombre a *Resistance Welding Manufacturing Alliance*. En 2020, la RWMA y la AWS dieron a conocer su primera certificación global integral dedicada a la soldadura por resistencia: CRWT. La mayoría de los expertos en la materia que crearon el curso fueron atraídos de las filas de las compañías miembro de la RWMA.

Actualmente, la RWMA es líder mundial en soldadura por resistencia, brindando apoyo invaluable a los fabricantes en todo el mundo. El curso de soldadura por resistencia *Emmet A. Craig Resistance Welding School* es uno de los cursos de soldadura por resistencia más actualizados del mundo.

La soldadura por resistencia sigue siendo un proceso valioso para la manufactura global. La RWMA está evolucionando para seguir liderando la industria del mañana. Las reuniones se moverán a una vez al año e incluirán más presentaciones técnicas. El curso de preparación para CRWT y el curso *Emmet A. Craig Resistance Welding School* se unirán en los próximos años, coincidiendo con el lanzamiento del nuevo manual de la RWMA de soldadura por resistencia *RWMA Resistance Welding Manual*, quinta edición; el libro autoritativo sustituirá a la cuarta versión actual revisada.

La siguiente generación del curso (y posiblemente de la certificación) les enseñará a ingenieros y a otros sobre diseñar partes para soldadura por resistencia. La alianza está ampliando su membresía para incluir a usuarios finales de soldadura por resistencia así como a estudiantes.

La RWMA le invita a ser parte del futuro de la soldadura por resistencia. La AWS y la RWMA tienen alrededor de 20 comités y grupos diferentes de expertos en la materia trabajando en todo desde el avance técnico hasta capacitación en estándares de soldadura por resistencia. Conforme cerramos la primera cuarta parte del siglo 21, los futuros operadores, personas de mantenimiento e ingenieros ya están entrando a las filas. Les aconsejamos a todos los novatos en soldadura por resistencia que busquen un experto en la materia que los guíe, y a todos los expertos en soldadura por resistencia que busquen al menos un novato para guiarlo. Y les aconsejamos a todos ustedes, tanto experimentados como nuevos, que colaboren con la RWMA y con la AWS para hacer avanzar la soldadura por resistencia hacia la siguiente mitad del siglo 21.

*Presentado por Niels Johnson (njohnson@romanmfg.com), gerente de ventas de soldadura por resistencia industrial de RoMan Manufacturing, Grand Rapids, Michigan, y presidente de la RWMA durante 2024-2025.*

## Dónde

¿Dónde ir para convertirse en un CRWT? El examen CRWT lo hace Prometric bajo la supervisión del departamento de certificación de la AWS. Prometric tiene instalaciones en todo el mundo, por lo que quien desee hacer el examen CRWT puede buscar las instalaciones más cercanas, y una vez que califiquen y paguen el examen a través de la AWS, pueden planear hacer el examen en su propia fecha, generalmente sin tener que viajar muy lejos ([prometric.com/test-takers/search/aws](http://prometric.com/test-takers/search/aws)).

Además, se desarrolló un seminario de entrenamiento previo al examen CRWT y ahora se ofrece mediante el departamento de educación de la AWS ([aws.org/education](http://aws.org/education)). El seminario para CRWT se ofrece varias veces al año de manera tanto presencial como virtual.

Las compañías también pueden contactar al departamento de educación de la AWS para acordar un seminario privado de CRWT en sus instalaciones. Esto ahorra mucho tiempo y dinero. Un seminario privado de CRWT les permite a los empleados entrenarse y estudiar juntos, lo cual ayuda a mejorar los puntajes de examen y las tasas de aprobación.

¿Dónde estamos ahora con la certificación CRWT? A pesar de varios contratiempos iniciales, incluida la pandemia de

COVID-19 y un completo reinicio, la certificación CRWT ha agarrado vuelo durante los últimos dos años, con casi 100 personas que ya tienen la certificación y cinco seminarios de CRWT públicos y privados impartidos por el departamento de educación de la AWS. Se ve que 2024 será igual de concurrido.

## En conclusión

Todo aquél que trabaje en el proceso de soldadura por resistencia o en torno al mismo debe considerar asistir a un seminario de capacitación en CRWT y hacer el examen CRWT para certificarse. También es importante señalar que usted puede asistir al curso de soldadura por resistencia de la RWMA (*conozca más en [aws.org/rwma](http://aws.org/rwma)*), el cual se lleva a cabo al menos dos veces al año, incluyendo uno en español en la FABTECH México. El curso también lo prepara para el examen CRWT. [WJ](#)

**DON DECORTE** ([ddecorte861@gmail.com](mailto:ddecorte861@gmail.com)) es propietario de DTS Technical Services LLC, Wyoming, Michigan. También es instructor del seminario CRWT, expresidente de la RWMA, y actual presidente del Comité educativo de la RWMA.

# COR-MET®

## Varilla COR-MET QWP recubierta con fundente para TIG

Elimine la necesidad de purga y respaldo de gas para la soldadura de tuberías TIG. La varilla QWP recubierta con fundente para TIG forma una escoria en la parte posterior de la tubería que protege la soldadura de la oxidación.

Llámenos con sus  
requerimientos especiales  
de química y diámetro.

Grados disponibles  
308H, 308L, 309L, 316L,  
347, 16-8-2, 2209, 625, 82,  
B2, B3, B6, B8, B91



Hecho por COR-MET INC., Brighton, Michigan, USA | 800-848-2719  
[www.cor-met.com](http://www.cor-met.com) | [sales@cor-met.com](mailto:sales@cor-met.com)

# LAS MÁQUINAS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA ESTÁN SEDIENTAS

Cómo el enfriador de agua adecuado mejorará el proceso de su máquina y le permitirá ahorrar dinero

POR TOM SNOW



Las máquinas de soldadura por resistencia son conocidas desde hace mucho tiempo como devoradoras de agua, incluyen subcategorías de máquinas de soldadura por puntos, de proyección, de juntas, de recalcado y de centelleo y generan calor debido a los altos amperajes de soldadura secundaria requeridos para el proceso.

Por lo tanto, un flujo adecuado de agua de enfriamiento es una de las variables más importantes del proceso, especialmente cuando una máquina de soldadura por resistencia es parte de una línea de producción de alta velocidad. Según la aplicación, las máquinas de soldadura por resistencia de corriente alterna (CA) convencionales requieren un total de 4 a 8 galones por minuto (GPM) para mantenerse frías.

Normalmente, se monta en la máquina un colector de agua con varios circuitos paralelos y controles de flujo individuales. La configuración definitiva utiliza un interruptor de flujo de agua con límites programables para monitorear la temperatura y el flujo (Fig. 1).

Al menos un GPM debe dirigirse al control de la máquina de soldadura, un GPM al transformador y dos GPM al bucle secundario de cobre y los electrodos (puntas). Las máquinas de soldadura por resistencia con tecnología moderna de corriente continua de frecuencia media (MFDC) requieren un flujo de agua aún mayor, y es importante seguir las recomendaciones de la placa de identificación del fabricante.

Aunque las máquinas de soldadura por resistencia de CA pueden tolerar cierto sobrecalentamiento debido a un flujo de agua inadecuado, las fuentes de alimentación MFDC fallarán si no se enfrían adecuadamente.

Cuando se trata de máquinas de soldadura por resistencia de pistola múltiple de diseño especial, el flujo de agua total requerido puede ser considerable. Por ejemplo, las necesidades de enfriamiento por agua de una máquina de soldadura por resistencia automatizada con múltiples transformadores y puntas de electrodo individuales pueden alcanzar fácilmente 10-20 GPM (Fig. 2).

En el pasado, el personal de la planta conectaba rutinariamente las máquinas de soldadura por resistencia al suministro de agua municipal entrante y

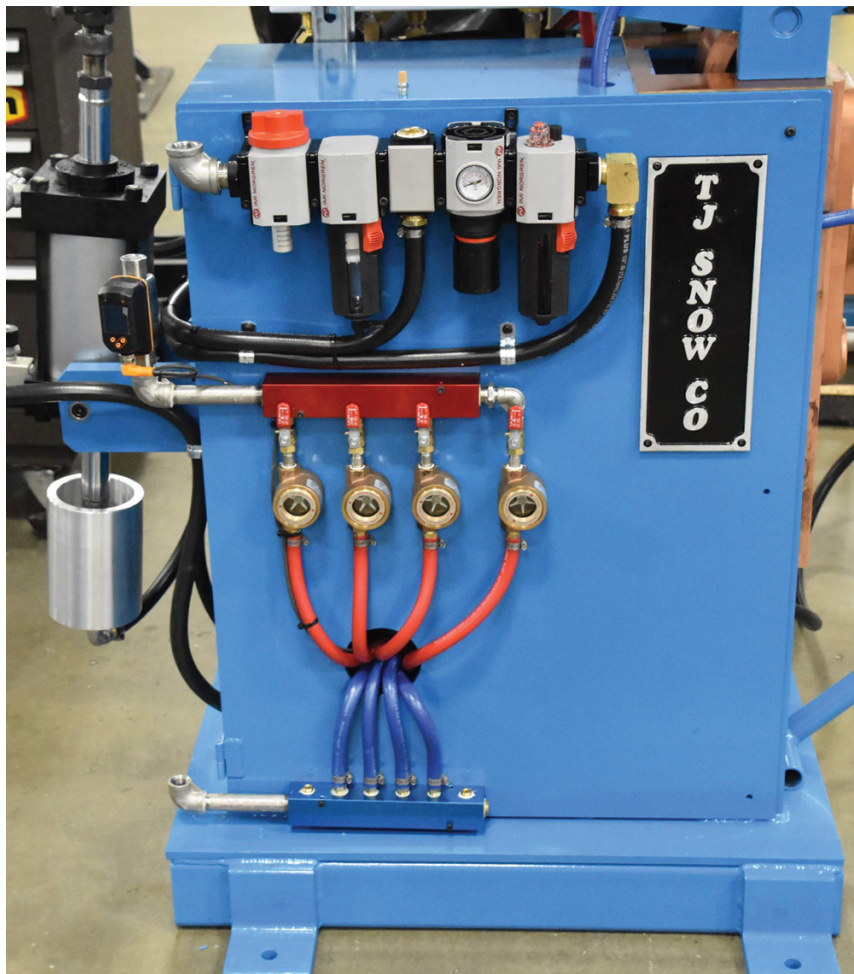


Fig. 1 — se recomienda un colector de agua con circuitos controlados individualmente e indicadores de flujo.

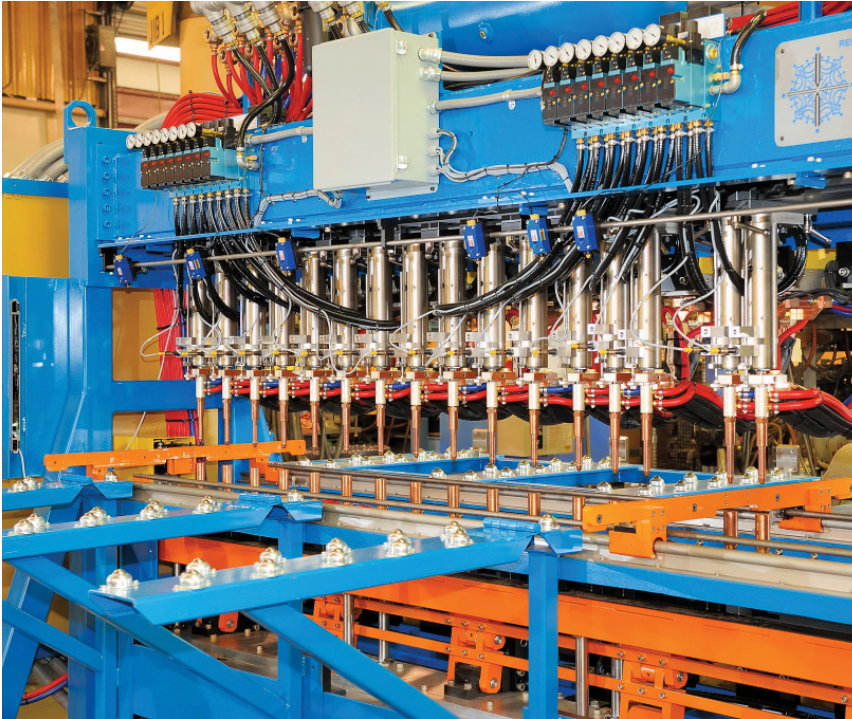
se olvidaba de ello. Sin embargo, los días en los que el agua de la ciudad era barata y abundante han quedado atrás, y los cargos adicionales por alcantarillado pueden ser sustanciales.

Existen numerosas fuentes de calor en el proceso de soldadura por resistencia, comenzando por el transformador de soldadura, que generalmente se encuentra dentro del marco de la máquina donde el aire no circula. El calor se genera internamente a medida que el transformador convierte el voltaje de la línea entrante en el alto amperaje secundario requerido para la soldadura por resistencia. Las aplicaciones de soldadura por resistencia pueden requerir hasta 100,000 amperios secundarios para generar suficiente calor localizado para fusionar el metal a través de la resistencia del material en la unión.

Los tubos de refrigeración por agua de cobre de diámetro pequeño suelen estar integrados en los devanados internos del transformador, mientras que otros circuitos enfrían la sección del contactor de alto voltaje del control de la máquina y los rectificadores secundarios utilizados en las fuentes de alimentación de corriente continua (CC) o MFDC.

Además, los grandes conductores de cobre que completan el bucle secundario externo de la máquina de soldar suelen necesitar refrigeración por agua.

La fuente de calor final en el proceso de soldadura por resistencia, que puede ser la más difícil de enfriar, proviene de las puntas de los electrodos de cobre, que conducen la corriente de soldadura a la pieza que se está soldando.



*Fig. 2 – esta máquina de soldadura por puntos de 16 pistolas para puertas de presión necesita un gran volumen de refrigeración por agua.*

## Tubos de agua

La mayoría de los portaelectrodos nuevos vienen con un tubo de refrigeración interna por agua suministrado por el fabricante. Con un extremo cortado en un ángulo de 45 grados (Fig. 3), estos tubos están diseñados para forzar el paso del agua hasta el final de la cavidad interna de refrigeración por agua de un electrodo de soldadura por puntos.

Los tubos de agua deben instalarse con un espacio de 2 a 3 mm (0.078 a 0.118 pulgadas) entre el extremo del corte de 45 grados y el interior del electrodo. Esto garantiza que el agua fría se filtre correctamente alrededor del interior del electrodo antes de que vuelva a fluir hacia afuera.

Desafortunadamente, no siempre se reconoce la importancia de los tubos de agua y, a menudo, se desechan. Los tubos de agua que faltan o que están cortados e instalados incorrectamente permiten que se forme una bolsa de vapor dentro del electrodo, lo que impide que el agua de refrigeración

llegue a la cavidad final de la punta del electrodo donde se necesita (Fig. 4).

## Problemas comunes de refrigeración por agua

Las torres de agua grandes montadas en el techo han sido durante mucho tiempo la forma más común de suministrar agua de refrigeración a las máquinas de soldadura por puntos, pero presentan un conjunto único de problemas, incluidas las temperaturas inconsistentes del agua de proceso debido a las temperaturas variables del aire ambiente. Además, la suciedad y otros contaminantes en la torre pueden causar problemas.

Otro motivo por el que no se recomienda el uso de una torre de refrigeración con máquinas de soldadura por puntos es que la capacidad de flujo de agua de la torre a menudo no aumenta a medida que se instala maquinaria adicional refrigerada por agua.

Además, si se utilizan tuberías de hierro negro para las tuberías de la instalación, puede producirse corrosión interna después de un par de años y las escamas de óxido resultantes obstruirán los circuitos internos de refrigeración por agua de diámetro pequeño. El agua de pozo, que a menudo se considera gratuita, puede resultar muy cara para una planta porque los minerales presentes de forma natural en el agua de pozo acaban obstruyendo los circuitos de refrigeración de agua de la máquina de soldar. El agua de pozo también puede estar demasiado fría y provocar condensación.

Algunas plantas utilizan un gran tanque de agua o incluso un bidón de 55 galones con una bomba para recircular el agua de refrigeración. A veces se vierten bolsas de hielo durante el día en un intento de reducir la temperatura del agua. Sin embargo, debido a la inconsistencia de las temperaturas del agua, no se recomienda ninguna de esas opciones.

Por último, los pequeños recirculadores de agua tipo radiador diseñados para su uso con máquinas de soldadura por arco suelen ser inadecuados para enfriar una máquina de soldadura por resistencia en un entorno de línea de producción.

## El gran enfriamiento

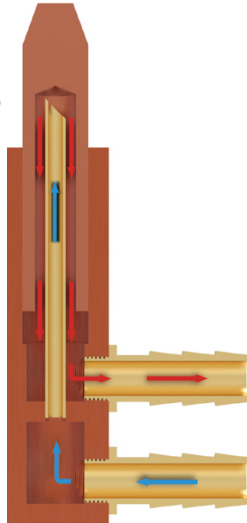
Un enfriador de agua autónomo con un tanque de reserva incorporado y una bomba de recirculación es la mejor manera de suministrar agua de refrigeración a una máquina de soldadura por resistencia. Y, si tiene el tamaño adecuado, un enfriador puede proporcionar agua de refrigeración a más de una máquina.

## La condensación destruye a las máquinas de soldadura por resistencia

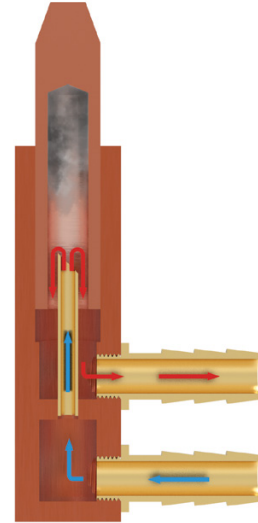
Aunque el sentido común indicaría que los enfriadores de agua utilizados con las máquinas de soldadura por resistencia deben funcionar lo más fríos posible, la condensación se convierte



*Fig. 3 — un tubo de agua instalado correctamente hará que el agua de refrigeración llegue hasta el extremo de la cavidad interna del electrodo de soldadura por puntos.*



*Fig. 4 — un tubo de agua instalado incorrectamente permitirá que se forme una bolsa de vapor dentro del electrodo y evitará un enfriamiento adecuado.*



rápido en un problema durante el verano si la temperatura del enfriador se establece por debajo del punto de rocío predominante (la temperatura a la que se condensa el vapor de agua).

Como las temperaturas del punto de rocío superiores a los 70°F son comunes durante los húmedos meses de verano, los enfriadores deben configurarse por encima del punto de rocío para evitar la sudoración interna del transformador de la máquina y otros componentes refrigerados por agua. La condensación acabará provocando que un transformador falle.

También hay que evitar los charcos de agua en el suelo alrededor de la máquina resultantes de la condensación que gotea de los electrodos y los soportes. Como los contactores del rectificador controlado por silicio (SCR) o los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) dentro del armario de control de una máquina de soldadura por resistencia suelen estar refrigerados por agua, es habitual ver condensación allí también.

Para resolver el problema de condensación, algunos enfriadores ahora incluyen una función llamada compensación automática del punto de rocío, que elimina la necesidad de ajustar manualmente el punto de ajuste de temperatura del agua del enfriador durante el clima húmedo.

## Siga la corriente

El flujo de agua adecuado suele ser más importante para el proceso de soldadura por resistencia que la temperatura del agua. La mayoría de los proveedores de enfriadores pueden proporcionar una bomba de mayor capacidad que la estándar para garantizar un flujo de agua adecuado para la aplicación, así que no escatime en eso si es necesario. Además, cuando sea posible, conecte el sistema para minimizar la presión de carga causada por las líneas de agua que pasan por encima. Dado que la presión no es igual al flujo, se recomienda un medidor de flujo de agua en línea.

La configuración ideal es conectar un enfriador a una sola máquina de soldadura por resistencia o un grupo de máquinas similares ubicadas juntas y hacer pasar las líneas de agua por el piso en lugar de por encima.


## Dimensionamiento del enfriador

Seleccionar la capacidad de refrigeración y bomba adecuada de un enfriador para servir a las máquinas de soldadura por resistencia no siempre es una ciencia exacta, por lo que es importante colaborar con un distribuidor experimentado.

Al dimensionar un enfriador grande que sirva a varias máquinas, un sistema de compresor doble puede ser el camino a seguir, ya que permite que un lado se apague automáticamente cuando no se necesita la capacidad máxima del enfriador. Además, un tanque de reserva de tamaño adecuado actúa como un volante térmico y ayuda a evitar que el compresor del enfriador realice ciclos cortos.

Independientemente del sistema de recirculación de agua que tenga, la calidad del agua es una variable importante. Incluso los enfriadores de circuito cerrado deben controlarse para garantizar la calidad y la química del agua correctas.

La mayoría de los proveedores de enfriadores pueden ayudar con recomendaciones sobre la calidad del agua; algunos pueden proporcionar bidones con la mezcla adecuada de refrigerante de glicol. Nunca use anticongelante para automóviles.

No importa cuán sedienta sea su máquina de soldadura por resistencia, un enfriador de agua con recirculación de tamaño adecuado mejorará su proceso de soldadura por resistencia y le permitirá ahorrar dinero. 

**TOM SNOW** ([tomsnow@tjsnow.com](mailto:tomsnow@tjsnow.com)) es presidente de T. J. Snow Co., Chattanooga, Tennessee.



Es importante que una máquina de soldadura por resistencia tenga una cortina con movimiento suave.

# ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA DE SOLDADURA POR RESISTENCIA que afectan la calidad

*Estos parámetros que a menudo se pasan por alto pueden provocar una respuesta inconsistente de la cortina*

POR ROBERT COHEN

Los fabricantes especifican requisitos de manera rutinaria tales como corriente, fuerza, profundidad de garganta y carrera del electrodo para sus máquinas de soldadura por resistencia. Sin embargo, los requisitos de rendimiento dinámico que se necesitan para producir soldaduras consistentes y de alta calidad de manera repetida a menudo se descuidan. La fricción estática y cinética del cilindro hidráulico son algunos de estos parámetros críticos. Los valores excesivos expresados como un porcentaje de la fuerza operativa del proceso de soldadura pueden dejar a un fabricante con expulsiones elevadas y variabilidad de la soldadura durante la vida útil de la instalación.

Un examen de la física que rige el proceso de soldadura revela cómo la fricción estática alta, que da como resultado una fuerza de arranque excesiva de la cortina, y las variaciones en la fricción cinética a medida que la cortina mueve, son responsables de una respuesta de movimiento inconsistente y errática de la cortina durante cada soldadura y de una soldadura a otra. Esta respuesta inconsistente de la cortina da como resultado, por lo tanto, un rendimiento de soldadura inconsistente.

## Obtener la densidad de corriente adecuada

La concentración de corriente (es decir, la densidad de corriente) a través del material que se está soldando, no la corriente real programada por el control de soldadura, es responsable de elevar la temperatura del material soldado.

La transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura. La diferencia entre la temperatura de la soldadura que se está formando y el entorno circundante aumenta a medida que la temperatura del material aumenta durante la formación de la pepita. Esto hace que un porcentaje cada vez mayor del calor generado por la corriente que fluye a través del material se conduzca a través del material

circundante y a través de los electrodos, que normalmente están refrigerados por agua, lo que deja menos calor restante en el sitio real de la pepita que se está formando. Debido a que hay menos calor neto restante en el sitio de la soldadura, la concentración de calor, que es responsable de la tasa de aumento de la temperatura, también se reduce. El resultado es que la tasa de aumento de la temperatura del material se hace más lenta a medida que aumenta la temperatura. Una vez que la diferencia de temperatura entre el material y el entorno circundante hace que el 100% del calor generado por el control se conduzca a través de los electrodos y el material circundante, la soldadura que se está formando no aumentará su temperatura, sin importar cuánto tiempo adicional se aplique el mismo calor.

Definimos la formación de la soldadura como un estado de equilibrio térmico dinámico una vez que se alcanza esta condición. Se debe aplicar la densidad de corriente correcta para lograr el tamaño de soldadura deseado en o antes de alcanzar este estado de equilibrio térmico dinámico.

Dado que el control generalmente programa la corriente (amperios), no la densidad de corriente (unidades MKS de amperios por m<sup>2</sup>), la entrega de la densidad de corriente correcta depende de la coordinación adecuada de la corriente programada con el área de contacto de la cara del electrodo contra la superficie de la pieza.

Una vez que se establecen dichos parámetros, cualquier cambio en el área de contacto del electrodo cambiará el equilibrio térmico de toda la soldadura. Si el área de contacto aumenta, la densidad de corriente disminuye, lo que da como resultado una temperatura final más baja para la soldadura. Por el contrario, si el área de contacto disminuye, la densidad de corriente aumenta. Esto puede aumentar la tasa de aumento de temperatura en una cantidad demasiado grande para mantener la estabilidad mecánica y provocar la expulsión.

A continuación, es importante reconocer una relación coordinada entre el área de contacto del electrodo contra

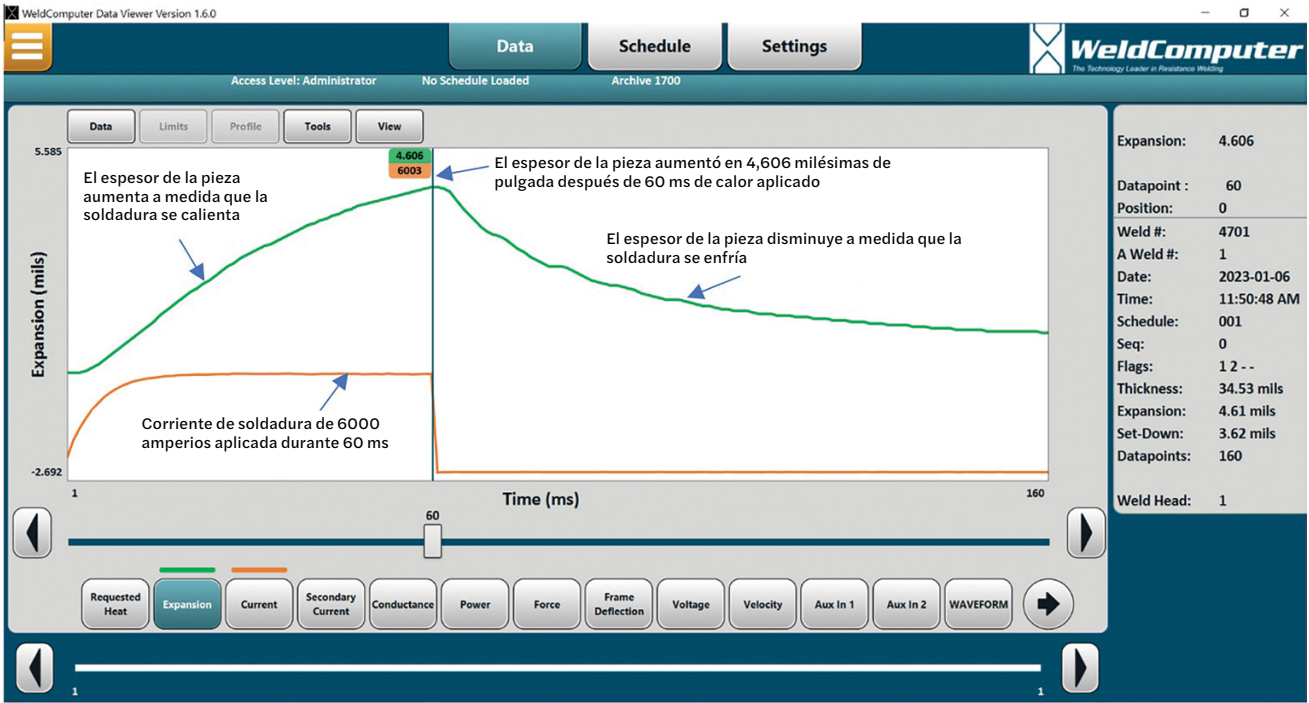


Fig. 1 – gráfico de la corriente (curva naranja) y la expansión térmica (curva verde) de una soldadura por puntos en una pieza con un espesor combinado de 34.53 milésimas de pulgada. El gráfico documenta que el espesor del material aumentó un 13.3 % durante la duración de 60 ms de calor aplicado. (Datos recopilados en una máquina de soldadura por puntos Sedorff equipada con un control adaptativo WeldComputer®).

la superficie de la pieza y la fuerza aplicada al electrodo. Un aumento en la fuerza del electrodo aumenta el área de contacto efectiva del electrodo contra la superficie de la pieza, y una disminución en la fuerza del electrodo la disminuye. Si se producen cambios inconsistentes y repentinos en la fuerza del electrodo durante la soldadura y de una soldadura a la siguiente, habrá cambios inconsistentes y repentinos en el área de contacto efectiva de los electrodos contra las superficies de la pieza. Esto provoca cambios inconsistentes y repentinos en la densidad de corriente, lo que provoca cambios inconsistentes y repentinos en la tasa de aumento de temperatura del material, lo que resulta en variabilidad de la soldadura.

## Explicación de la expansión térmica

Para comprender por qué es importante que una máquina tenga una cortina de movimiento suave, es necesario conocer la expansión térmica. El material que se calienta se expande instantáneamente en relación con el aumento de su temperatura (es decir, la pieza se vuelve más gruesa). A medida que la pieza se enfría y la temperatura disminuye, se contrae (se vuelve más delgada). Este cambio en el espesor del material se produce instantáneamente en relación con la distribución instantánea de la temperatura a través del eje del material que se está soldando. La pieza que se está soldando se vuelve más gruesa durante la formación de la pepita a medida que aumenta la temperatura y se vuelve más delgada durante el enfriamiento a medida que la temperatura disminuye.

Durante una soldadura típica, el espesor combinado del material puede crecer más del 10 % a medida que aumenta la temperatura y se forma una pepita. La figura 1 muestra los datos registrados durante la producción de una soldadura por puntos en un material con un espesor de pieza de trabajo combinado de 34,53 milésimas de pulgada. La curva naranja documenta que la soldadura se realizó con 6000 A de corriente programada aplicada durante 60 ms. La curva verde representa el cambio de espesor del material que se produjo durante la formación de la soldadura, tanto durante el calentamiento cuando la corriente estaba encendida como durante el enfriamiento cuando la corriente estaba apagada. Esta medida se conoce comúnmente como expansión térmica. Es una medida que responde a la temperatura promedio instantánea a través del eje del material que se está soldando.

El espesor del material aumenta durante la aplicación de la corriente. La tasa de aumento es mayor al principio de la formación de la soldadura y se vuelve menor a medida que avanza la soldadura. A los 60 ms de calor aplicado, la pieza había crecido en espesor (se había expandido) en 4,606 milésimas de pulgada. Por lo tanto, el material que tenía un espesor de 34,53 milésimas de pulgada antes del primer milisegundo de calor aplicado pasó a tener un espesor de 39,136 milésimas de pulgada 60 ms después, una vez completada la formación de la pepita. Durante un período de 60 ms, el espesor de la pieza aumentó en más del 13 %. Luego, al finalizar el calor, el espesor del material se redujo a medida que la pieza se enfrió.

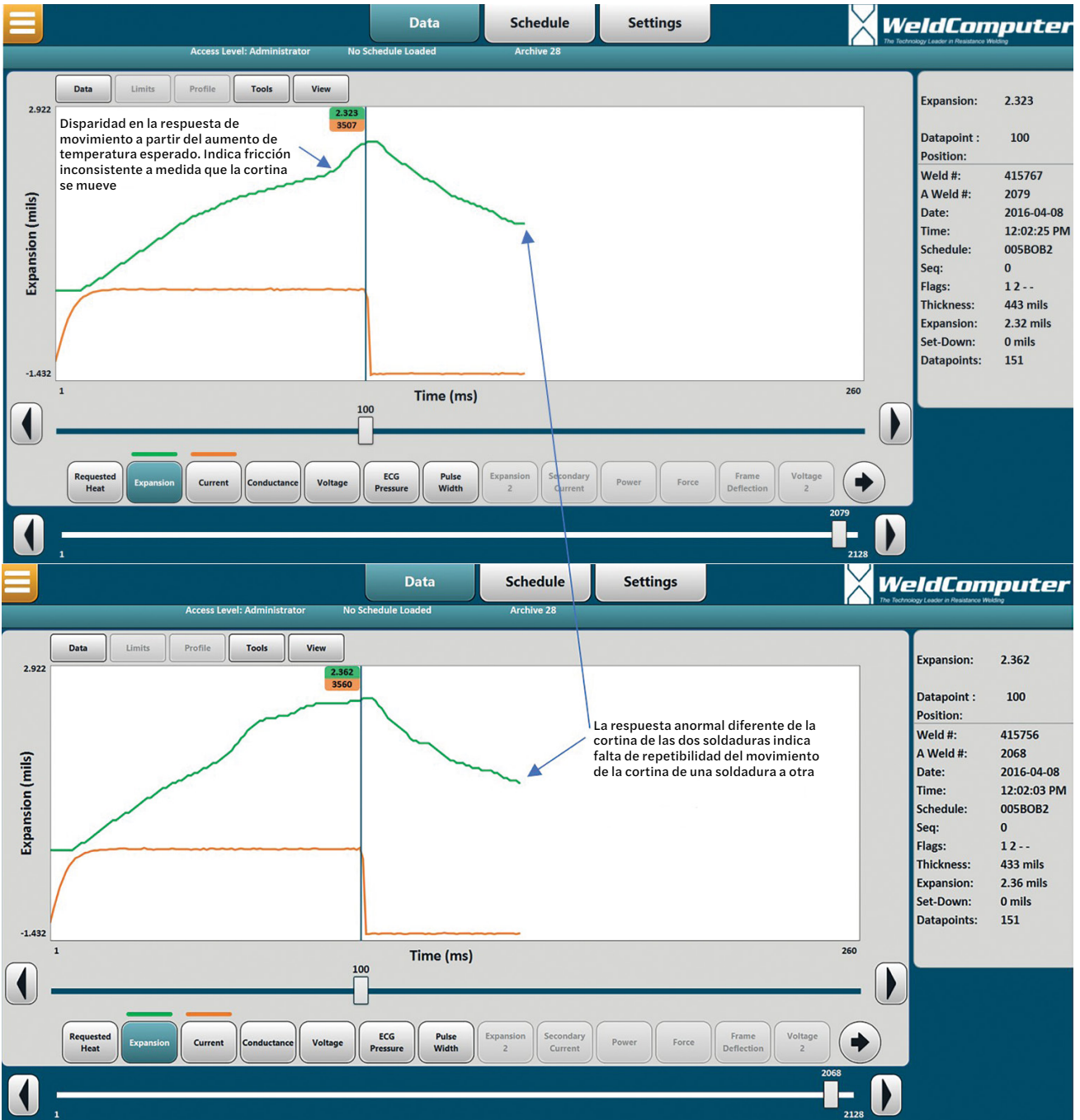


Fig. 2 – gráfico de la corriente (curva naranja) y la respuesta del movimiento de la cortina (curva verde) de dos soldaduras realizadas con los mismos ajustes en una máquina con fricción de la cortina inconsistente.

## Cómo evitar expulsiones con una cortina de baja fricción y una fuerza de arranque adecuada

La producción de una soldadura sin expulsión depende de la capacidad de la fuerza aplicada por los electrodos para evitar que el material fundido se escape del lugar de la formación de la pepita. La distribución de la fuerza de la parte de los electrodos en contacto con las superficies de la

pieza forma un campo de fuerza generado mecánicamente alrededor del perímetro del lugar de la soldadura. Este es responsable de contener la pepita fundida a medida que se forma la soldadura. Cualquier perturbación mecánica durante este tiempo reduce la integridad del campo de contención de la fuerza. Una ruptura completa en cualquier parte del campo de contención durante la formación de la pepita, incluso por un momento, provocará la expulsión. Cuanto más grave sea la ruptura, más grave será la expulsión.

Por lo tanto, para minimizar las perturbaciones externas en las superficies de los electrodos contra la pieza, es necesario tener una cortina de baja fricción que no varíe con las distancias o la velocidad que debe recorrer para adaptarse al material que se expande y contrae térmicamente. La rigidez del brazo inferior debe ser tal que la deflexión correspondiente a la fuerza necesaria para mover la cortina (fuerza de arranque) sea un pequeño porcentaje de la cantidad total que el material se expande térmicamente durante la soldadura. Cualquier cambio repentino en la fricción de la cortina mientras la soldadura está en progreso se traducirá en una perturbación física de los electrodos contra las superficies de la pieza, poniendo en riesgo su capacidad para contener la pepita fundida. Para minimizar las perturbaciones es necesario una fuerza de arranque baja. Un cambio de fuerza de arranque que sea un porcentaje demasiado alto de la fuerza operativa del proceso de soldadura puede excitar resonancias en la máquina e interferir con la capacidad de los electrodos para contener la pepita fundida, lo que resulta en expulsiones frecuentes.


Cuando el conjunto cilindro/cortina de la máquina tiene una fuerza de arranque excesiva, a medida que la pieza comienza a expandirse térmicamente, la cortina permanece estacionaria. En cambio, el brazo inferior fijo de la máquina de soldar se desvía. Esto hace que la fuerza del electrodo aumente, lo que aumenta el área de contacto efectiva del electrodo contra la pieza, reduciendo así la densidad de corriente y la velocidad de aumento de la temperatura de la soldadura.

Cuanto más rígido sea el brazo inferior, mayor será la velocidad de aumento de la fuerza. Por otro lado, un brazo inferior menos rígido hace que el electrodo sea más susceptible a perturbaciones mecánicas, que pueden variar el área de superficie del electrodo en contacto con la pieza y posiblemente hacer que patine sobre la superficie de la pieza. Ambos son perjudiciales para la estabilidad del proceso de soldadura. A medida que la pieza continúa expandiéndose térmicamente y la fuerza continúa aumentando, se acumula un exceso de energía potencial en el brazo inferior deflector. La cortina comienza a moverse una vez que la fuerza aumenta lo suficiente como para superar su fuerza de ruptura. Como se requiere menos fuerza para mantener a la cortina en movimiento, la rápida disminución de la fuerza se traduce en una rápida reducción de la desviación del brazo inferior. Cuando esto sucede, la energía potencial liberada del brazo inferior se convierte en energía cinética que contribuye a acelerar a la cortina hacia arriba. Esto crea una perturbación en los electrodos contra la pieza que reduce la estabilidad del proceso y aumenta la susceptibilidad de la soldadura a expulsarse. La perturbación de este cambio de paso en la fuerza también puede vibrar y excitar las resonancias naturales de la máquina, reduciendo aún más la estabilidad del proceso.

Se sabe por la teoría de transferencia de calor que, cuando se presentan parámetros eléctricos y mecánicos uniformes, la tasa de aumento de temperatura, y por lo tanto la tasa de expansión térmica, siempre se reducirá progresivamente más adelante en la formación de la soldadura a medida que aumenta la temperatura general. Por lo tanto, cuando la respuesta de la cortina coincide con el patrón de aumento de temperatura de la soldadura, como se muestra en la Figura 1, proporciona una confirmación documentada de que la cortina se está moviendo con suavidad constante a lo largo de la formación de la soldadura. A medida que se forma la pepita, cualquier desviación que resulte en una mayor tasa de movimiento de la cortina más adelante en la soldadura, que la que ocurre al principio de la soldadura, es una indicación inmediata de que la fuerza requerida para mantener a la cortina en movimiento carece de uniformidad.

Las trazas de soldadura en la Figura 2 documentan que el movimiento de esta cortina tiene una fuerza inconsistente a lo largo de la duración de una soldadura y carece de uniformidad de una soldadura a otra. Comparar las formas anormales de las curvas de la Fig. 2 con la forma que se muestra en la Fig. 1 proporciona una manera fácil de identificar la respuesta inconsistente de la cortina.

## Conclusión

Las fuentes mecánicas de un rendimiento de soldadura inconsistente se pueden reducir utilizando una máquina de soldadura por resistencia que tenga una respuesta mecánica de la cortina consistente. La mejor cortina tendrá baja fricción para minimizar la deflexión del brazo inferior y la posible acumulación de energía necesaria para hacer que la cortina se mueva en relación con la parte que se expande y contrae térmicamente. Y no requiere más fuerza para ponerlo en movimiento que para mantenerlo en movimiento. Como beneficio adicional, comparar el patrón de movimiento real de la cortina con el patrón de aumento de temperatura esperado del material proporciona un método eficaz para garantizar la consistencia de la cortina y también se puede utilizar para evaluar el tamaño y la resistencia de las soldaduras reales producidas. 

## Trabajos consultados

1. Nied, H. A. 1984. The Finite Element Modeling of the Resistance Welding Process. *Welding Journal* 63(4): 123-s to 132-s.
2. Cohen, R. K. 2024. WeldComputer Masterclass in Resistance Welding.

**ROBERT COHEN** ([info@weldcomputer.com](mailto:info@weldcomputer.com)) es director ejecutivo de WeldComputer Corp., Troy, N.Y. También es miembro del Comité C1 de AWS sobre soldadura por resistencia, del Comité J1 sobre equipos de soldadura por resistencia y del Subcomité D17D sobre soldadura por resistencia en aeronaves y Industrias aeroespaciales.



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**

Saltillo, 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](http://aws.org/certification)**

*La soldadura de aluminio requiere práctica, pero la tecnología la hace más fácil.*

# Una guía para SOLDADURAS DE ALUMINIO

**Las propiedades únicas de este metal requieren una consideración especial**

**E**l aluminio, que alguna vez fue el metal más caro del mundo, ahora es algo común. Encontrar aluminio era fácil, pero aprender a refinarlo desafió a algunas de las mentes más brillantes del siglo XIX. Así como era difícil de refinar, también lo es de soldar, pero una vez que aprendes, se convierte en una parte habitual de la vida de los soldadores.

El aluminio tiene muchas propiedades que lo hacen deseable en la fabricación. Con aproximadamente un tercio del peso del acero, es liviano, pero tiene resistencias a la tracción de hasta 90,000 lb/in<sup>2</sup> (90 ksi). Es resistente a la corrosión y conduce extremadamente bien tanto el calor como la electricidad. Estas propiedades lo convierten en una excelente opción para muchos productos finales en múltiples industrias. Sin embargo, también dificultan la soldadura.

Debido a la alta conductividad térmica, lleva más tiempo establecer un baño de soldadura de aluminio. Los parámetros también deben reducirse hacia el final de la soldadura para

compensar el aumento de temperatura. El consejo común dice que se debe soldar el aluminio en caliente y rápido debido a su alta conductividad térmica. El uso de un pedal con soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW) facilita el ajuste rápido de la corriente de soldadura de principio a fin. Sin embargo, la GTAW generalmente requiere mucha práctica y habilidad para dominarla. La soldadura por arco metálico con gas (GMAW) generalmente se aprende más rápido, y la mayoría de las máquinas modernas brindan funciones de inicio en caliente y relleno de cráteres para un control fácil, así como controles en la antorcha para ajustar rápidamente la velocidad de alimentación del alambre durante la soldadura.

## Qué saber antes de iniciar un arco

Comprender el metal base es la primera clave para realizar excelentes soldaduras de aluminio. El aluminio se divide en





**Fig. 1** — Perfil de penetración de junta adecuado para soldadura de aluminio. **Fig. 2**— Las funciones especiales, como el arranque en caliente y el relleno de cráteres, ayudan a iniciar el baño de soldadura y evitan la fusión al final. **Fig. 3** — La alternancia de la potencia del arco crea una soldadura cosmética ondulada y reduce la entrada de calor para minimizar la distorsión.

series según la aleación y la aplicación. Cada uno de los siete grupos de series o aleaciones utiliza un código numérico de cuatro dígitos. Un ejemplo es el grupo de aleaciones 1xxx, que es aluminio sin alear que se usa en láminas y otros productos donde se requieren las propiedades del aluminio puro. Los otros seis grupos están aleados con materiales como magnesio, silicio, zinc y cobre, entre otros. Debido a los riesgos extremos de corrosión y agrietamiento, algunas aleaciones como la 2024 y la 7075, no se deben soldar en absoluto por lo que es importante conocer su base.

Una vez que conoce su aleación base, elegir el metal de relleno suele ser una simple cuestión de leer las tablas proporcionadas por el proveedor. No utilizar el metal de relleno correcto puede provocar una falla catastrófica en la soldadura debido a defectos de soldadura o a que la pieza se ponga en servicio en un entorno inadecuado para el metal de relleno.

En la soldadura de aluminio solo se utilizan gases inertes como el argón y el helio. En la mayoría de los casos, se utiliza argón al 100% porque cuesta menos que el helio, tiene un buen efecto de limpieza y, al ser más pesado que el aire, protege eficazmente el baño de soldadura. El helio puede ayudar a lograr perfiles de penetración de unión más profundos y anchos y reducir la porosidad, en particular al soldar placas de aluminio gruesas (Fig. 1).

Una superficie de soldadura limpia es otra clave para soldar aluminio. El óxido natural del aluminio actúa como aislante, lo que dificulta el inicio de un arco. También atrapa el vapor de agua, que se libera al soldar sobre la capa de óxido y provoca porosidad. Es importante limpiar el material antes de soldar con un disolvente orgánico como la acetona y luego usar un cepillo de alambre de acero inoxidable limpio para eliminar el óxido de la superficie. Tenga cuidado de que el cepillo no se haya utilizado sobre acero u otras superficies más duras, ya que puede contaminar aún más el aluminio en lugar de limpiarlo.

## La conductividad afecta los parámetros de soldadura

El aluminio tiene un baño de soldadura de solidificación rápida, por lo que cualquier error se hace evidente de inmediato. Obtener la fusión en el inicio del arco puede ser problemático debido a la alta conductividad térmica del alu-

minio. Estas dos cosas por sí solas dan lugar a la idea de que el aluminio es difícil de soldar. Muchas máquinas de soldar modernas utilizan una función de inicio en caliente que utiliza un voltaje y una corriente de soldadura más altos en el inicio del arco para fundir instantáneamente la superficie. Asimismo, para el final de la soldadura, las máquinas ofrecen una función de relleno de cráter que reduce el voltaje y la corriente (Fig. 2). Esto produce un relleno de cráter convexo, que evita las grietas de cráter que se pueden formar a partir de rellenos de cráter cóncavos.

Hay disponibles algunas variantes de proceso que aprovechan las características de solidificación rápida del aluminio. Estas variantes pueden alternar la potencia del arco para lograr una soldadura cosmética ondulada (Fig. 3). Alternar la potencia del arco tiene un efecto secundario de reducción de la entrada de calor, lo que ayuda a minimizar la distorsión. Esto también puede dar al soldador una señal visual que puede ayudar a mantener una velocidad de desplazamiento constante. En la GTAW, una regla general es utilizar 1A por cada 0.001 pulgadas de espesor. Sin embargo, para la GMAW, este no siempre es el caso, dependiendo del proceso y la velocidad de desplazamiento que se utilice. La mayoría de las fuentes de energía sinérgicas modernas ofrecen un parámetro de espesor del material donde la velocidad de alimentación del alambre y el voltaje se establecen simplemente ajustando el espesor del material. También hay aplicaciones que guían qué parámetros establecer según el espesor del material, el diámetro del alambre y el tamaño de la soldadura.

## Conclusión

Todo el tiempo se están desarrollando nuevos usos para el aluminio debido a su disponibilidad y reciclabilidad, lo que hace que la soldadura de aluminio sea una habilidad sólida para todos los soldadores. Los soldadores menos experimentados pueden aprovechar los ajustes automáticos de parámetros y las pantallas táctiles simples de las máquinas modernas, lo que ayuda a aliviar la brecha de habilidades que prevalece en la industria. [WJ](http://www.wj.com)

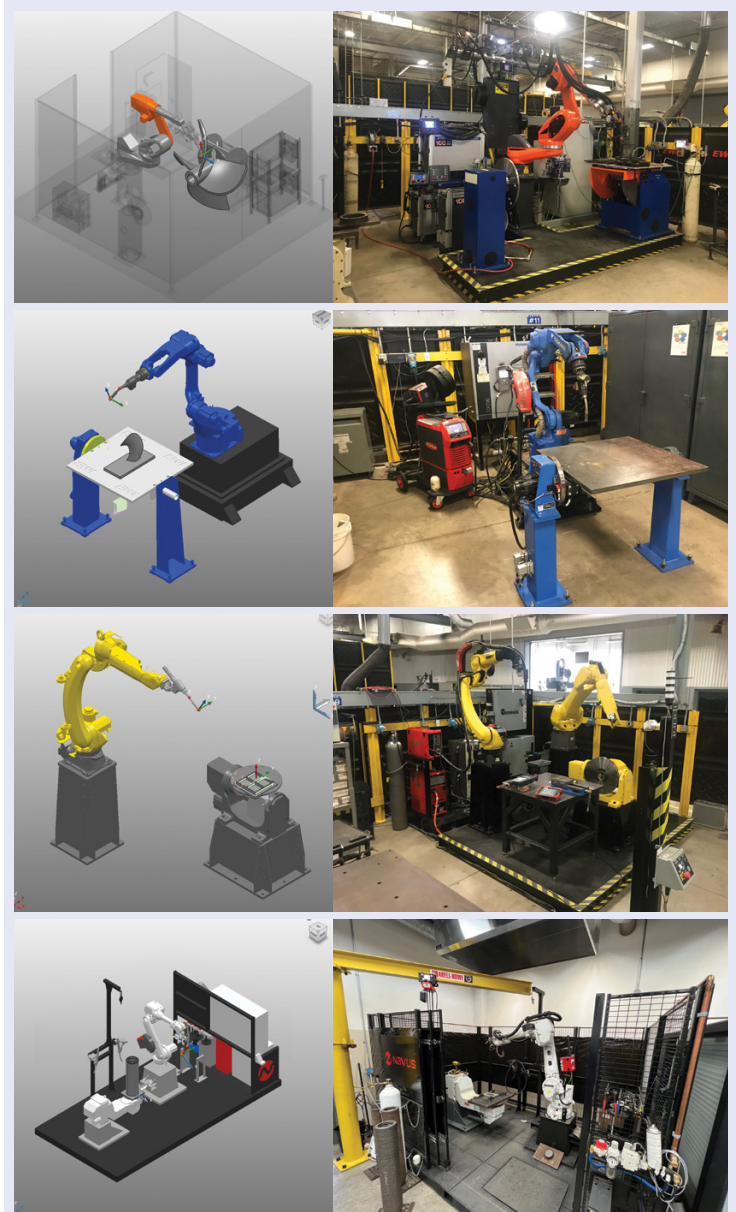
**SHAUN RELYEA** ([relyea.shaun@fronius.com](mailto:relyea.shaun@fronius.com)) es jefe de soporte técnico nacional en Fronius USA, Portage, Ind.

# Deposición de energía dirigida por arco robótico y fabricación convergente de componentes marinos

**Las nuevas herramientas satisfacen las necesidades de las aplicaciones de reparación y producción de piezas marinas de gran formato**

La soldadura robótica y las aplicaciones de procesos de soporte afines siguen creciendo para cubrir las brechas laborales y mejorar la competitividad. Una tendencia actual en la soldadura robótica es el auge de la fabricación aditiva (AM) mediante deposición de energía dirigida por arco robótico (DED). La DED es una categoría de AM que fabrica piezas mediante el apilamiento de depósitos de soldadura utilizando equipos de soldadura por fusión por arco, láser o haz de electrones. En esencia, este proceso solo produce piezas con una forma casi final, por lo que se requiere otro posproceso como rectificado y mecanizado. Estos procesos se han implementado de forma robótica en varios sistemas de EWI (una consultoría de ingeniería independiente con sede en Columbus, Ohio, con laboratorios integrales y recursos de tecnología de fabricación avanzada dedicados al desarrollo y mejora de procesos de producción) para aplicaciones de construcción naval.

El software DED de fabricación asistido por computadora (CAM) puede generar planes de construcción rápidamente. El DED CAM está desarrollado para sistemas automatizados de 3 a 5 ejes y se puede configurar para sistemas robóticos con 6 a 11 ejes o más de movimiento coordinado. La aplicación de soluciones robóticas DED presenta un nuevo paradigma para el diseño y la fabricación de piezas. Además de construir piezas con forma casi final que se pueden producir tradicionalmente mediante fundición y forjado, el DED robótico puede agregar características a los componentes y automatizar la reparación. La EWI ha convertido 11 sistemas de soldadura robótica comercial dentro de instalaciones en sistemas



*Fig. 1 — ejemplos de gemelos digitales y celdas físicas instaladas en EWI en Columbus, Ohio. De arriba a abajo: robot CLOOS y fuente de alimentación, robot Yaskawa y fuente de alimentación Fronius, robots Fanuc de doble brazo con fuentes de alimentación de plasma Fronius GMA y SBI, y una celda ABB multiproceso.  
© EWI. Imagen utilizada con autorización.*

DED utilizando el software CAM Autodesk PowerMill™ (Fig. 1), así como varios sistemas fuera de la EWI. PowerMill tiene una gama completa de solucionadores y herramientas de mecanizado multieje para inspección en proceso y posproceso. Utilizando estas capacidades, se está desarrollando la fabricación digital robótica multiproceso inteligente, también conocida como fabricación convergente, para una amplia gama de aplicaciones (Refs. 1–3).

Una plataforma de fabricación convergente (Ref. 1) es un sistema que combina sinérgicamente materiales y procesos heterogéneos (por ejemplo, aditivos, sustractivos y transformativos) en una sola plataforma. Esta plataforma utiliza herramientas de fabricación digital, modelos e informática para impulsar el hilo digital entre operaciones. Los procesos de transformación incluyen la modificación de superficies (limpieza, recubrimiento, granallado) y el tratamiento térmico in situ (endurecimiento de superficies, recocido, etc.). Las celdas multiproceso pueden mejorar significativamente la calidad final de una pieza, así como aprovechar el proceso de fabricación adecuado para cumplir con los requisitos de material y las tolerancias geométricas.

## Transformación de un sistema para su uso en la fabricación convergente digital

Como parte de un Programa Nacional de Investigación de Construcción Naval (NSRP) (Refs. 2, 3) y proyectos comerciales aliados destinados a madurar e implementar tecnologías de fabricación digital para la construcción naval, la EWI se asoció con DSI (Design & Software International) para desarrollar gemelos digitales para robots Fanuc, OTC, Yaskawa, ABB y Cloos (Fig. 1). Todos estos sistemas utilizan fuentes de alimentación de pulso de arco metálico de gas controlado por forma de onda (GMA-P), alimentación de alambre recíprocante (GMA-RWF) o tándem (GMA-T). Todos los sistemas también utilizan un pirómetro óptico o una cámara

infrarroja para controlar la temperatura entre pasadas para adaptarse a los requisitos de fabricación de soldadura. Para cada sistema, se utilizó PowerMill para crear un gemelo digital cinemático del sistema y desarrollar un posprocesador para generar un código específico de la máquina. El primer paso en este proceso fue establecer un modelo de diseño asistido por computadora (CAD) de definición de máquina para crear el gemelo digital cinemático. Una vez creado el gemelo digital cinemático para cada sistema, se desarrollaron y calibraron los posprocesadores para ejecutar programas en los sistemas robóticos físicos. Se desarrollaron gemelos digitales para sistemas de soldadura robótica de 6, 8, 9 y 11 ejes. Se crearon modelos de efectores finales para diferentes antorchas y herramientas de husillo según la capacidad del sistema. PowerMill está diseñado para ser independiente de la máquina y permite la conversión de cualquier sistema de soldadura robótica en un sistema DED. Los planes de trayectoria de herramientas desarrollados en PowerMill también se pueden transferir de una celda a otra, siempre que las configuraciones del proceso se repliquen utilizando configuraciones de proceso similares o modelado de la entrada de energía y calor.

En la EWI, los planes de construcción con un robot determinado y una configuración GMA se han transferido a diferentes marcas de robots que utilizan la misma fuente de alimentación e incluso a otras fuentes de alimentación calibrando las características de fusión de procedimiento-característica del modelo de deposición paramétrica GMA. Las configuraciones como la altura del cordón, el ancho del cordón y la dilución del metal de depósito se replican entre sistemas para permitir que se utilicen diferentes fuentes de energía según la necesidad y la disponibilidad. El poder de este flujo de trabajo es que cualquier sistema de soldadura robótica comercial puede transformarse en un sistema de fabricación digital.

La demostración final de este proyecto fue la integración y el desarrollo de un sistema de posicionador y pórtico robótico de alta capacidad de 11 ejes personalizado (Fig. 2) para fabricación híbrida y DED GMA-P y GMA-RWF multi-



Fig. 2 — sistema híbrido de pórtico DED con arco robótico multiproceso integrado por Navis Automation: A: mantenimiento de antorcha Binzel y diana ABB; B: antorcha equipada con sensores; C: pórtico; D: fuentes de alimentación Lincoln Electric y Fronius; E: husillo y estación de herramientas PushCorp. © EWI. Imagen utilizada con autorización.

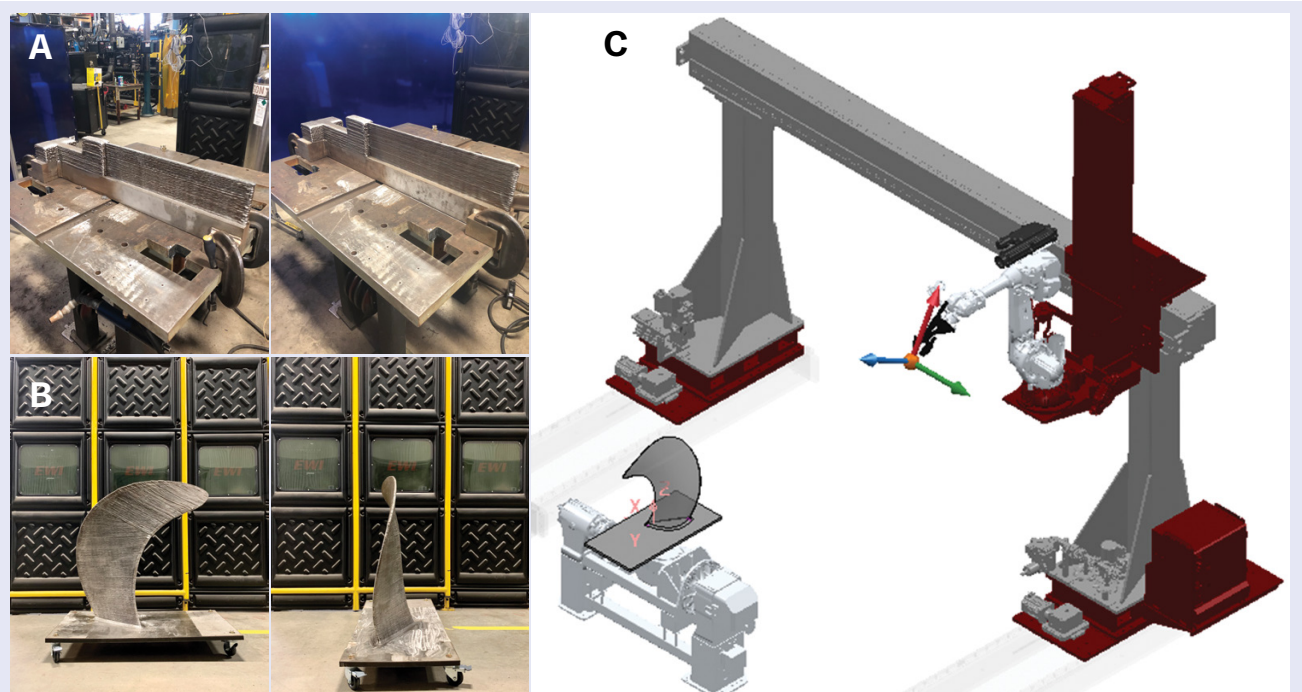


Fig. 3 — A — Construcción de calificación estándar de DED de acero inoxidable ER308L GMA-P; B — gemelo digital de pórtico robótico multiproceso de 11 ejes; C — construcción de una pala de hélice de alta inclinación realizada en el sistema de pórtico DED Navus. © EWI. Imagen utilizada con autorización.

proceso de gran formato. El sistema fue diseñado, integrado e instalado por Navus Automation, Knoxville, Tennessee. El sistema ofrece un volumen de construcción de soldadura y DED de 8 a 10 pies de alto x 14 pies de ancho x 30 pies de largo. El robot se instaló con cambiadores de herramientas de la marca ATI para permitir cambios de herramientas en proceso entre una fuente de alimentación Fronius TPS 500i, una fuente de alimentación Lincoln Power Wave® S500 y un husillo PushCorp de 5 hp. El sistema también incorporó una estación de mantenimiento de antorcha Abicor Binzel e intercambio de cuello para respaldar construcciones de alto rendimiento sin luces. Fue diseñado para capacidades multiproceso, acabado in situ de características, fabricación por arco DED y reparación de estructuras grandes. El gemelo digital del sistema se utilizó para depositar una pala de hélice oblicua de 42 pulgadas de alto (Fig. 3) utilizando procedimientos demostrados con construcciones de calificación estándar representativas de acuerdo con los requisitos de NAVSEA S9074-A4-GIB-010/AM-WIRE DED, Requisitos para fabricación aditiva por deposición de energía dirigida por metal (Refs. 4, 5). El sistema se está utilizando actualmente para varios proyectos de I+D asociados con la tecnología de fabricación convergente, el desarrollo de trayectorias de herramientas de deposición alineadas por gravedad utilizando los 11 ejes (Ref. 6) para maximizar la calidad de la superficie y otras construcciones por arco DED a gran escala. Se desarrollaron gemelos digitales de antorchas utilizadas tanto en fuentes de alimentación como en el husillo PushCorp y se están utilizando para la fabricación híbrida multiproceso de geometrías de arco-DED (Fig. 4). Las futuras actualizaciones para este pórtico incluyen la instalación de un cabezal DED de láser de polvo TRUMPF para una fidelidad fina de las características, lo que brinda de manera efectiva cuatro

procesos diferentes (tres aditivos, uno sustractivo) en un solo sistema, además de esfuerzos en curso para implementar capacidades de inspección y control en proceso.

## Fabricación de hélices DED comerciales

Como ejemplo del impacto de este trabajo inicial, se está utilizando un programa NSRP de seguimiento (Ref. 3) para calificar los procesos y certificar a WildCat Propellers Inc. en Chesapeake, Virginia, para la fabricación DED de hélices de bronce de níquel y aluminio (NAB). Para respaldar la instalación, un banco de pruebas de sistema robótico multiproceso de 9 ejes Cloos en la EWI se ha convertido en un sistema DED. Este sistema tiene tres procesos de soldadura (movimiento (un proceso de alimentación de alambre alternativo), soldadura por arco metálico con gas (GMAW) y GMAW en tándem) para maximizar la asequibilidad de la deposición de características finas a gruesas. En Wildcat se está instalando un sistema robótico similar de 9 ejes con un posicionador de 1 tonelada métrica para producir hélices NAB de hasta 6 pies de diámetro, y se planea un sistema mucho más grande para hélices de más de 12 pies. Este proyecto se está coordinando con las partes interesadas de NAVSEA y American Bureau of Shipping para desarrollar datos de diseño de material AM de metal NAB aprobados, establecer procesos de gestión de calidad de prototipos que cumplan con los estándares de ambas organizaciones (Refs. 4, 7) y calificar los procedimientos para hélices fabricadas por DED. Además, la EWI está desarrollando modelos de construcción alineados con la gravedad y sensores de gestión dimensional y sistemas de control para máxima calidad y productividad.



Fig. 4 — Ejemplos de geometría nociónal multiproceso fabricados con arc-DED y operaciones de acabado realizadas con el husillo en el sistema de pórtico Navus. © EWI. Imagen utilizada con autorización.

## Conclusión

Se espera que las herramientas de fabricación digital que habilitan los sistemas CAM robóticos crezcan para satisfacer las necesidades emergentes de aplicaciones de producción y reparación de piezas marinas de gran formato. El futuro de la fabricación robótica está haciendo converger muchos procesos diferentes para brindar modularidad, reconfigurabilidad y portabilidad sin precedentes. El trabajo futuro incluye el monitoreo avanzado del proceso, del grupo de deposición y de la geometría del depósito para permitir la calidad por primera vez mediante el uso de aprendizaje automático y otros métodos de datos de inteligencia artificial.

## Agradecimientos

Numerosas organizaciones han contribuido al desarrollo de las capacidades robóticas de DED descritas en este documento. Se agradecen las contribuciones de las siguientes: Jon Caliguri y Luke Davidson, DSI; Buck Barber (ex director ejecutivo) y Jim Perry, Navus Automation; Doug Zoller y Mike Moore, Cloos Robotic Welding; Mark Scherler, Fanuc Robotics America; Chris Anderson, Yaskawa America Inc.; y Tom Graham, Abicor Binzel USA. EWI también desea agradecer a otros miembros del personal que participaron en este trabajo, incluidos Jason Rausch, Travis Peterson, Stacey Smith, Josh Shoemaker y Joseph Getgen.

## Referencias

1. *Fabricación convergente: un futuro de fabricación aditiva, sus-tractiva y transformativa. Procedimientos de un taller.* Washington, D.C.: The National Academies Press.

2. Programa Nacional de Investigación de Construcción Naval. Robotic Arc DED AM para la construcción naval. Anuncio de investigación (RA) proyecto No.2019-375-004, julio de 2019–junio de 2021. Recuperado de [nsrp.org/project/robotic-arc-directed-energy-deposition-additive-manufacturing-for-shipbuilding-2019-375-004](https://nsrp.org/project/robotic-arc-directed-energy-deposition-additive-manufacturing-for-shipbuilding-2019-375-004).

3. Programa Nacional de Investigación de Construcción Naval. Fabricación y reparación de componentes marinos mediante deposición de energía dirigida por arco robótico. Anuncio de investigación (RA) proyecto No.2019-375-012, mayo de 2023–abril de 2025 (en curso).

4. NAVSEA. 2021. S9074-A4-GIB-010/AM-WIRE DED, Requisitos para la fabricación aditiva mediante deposición de energía dirigida por metal.

5. Harwig, D. D., Mohr, W., Kapustka, N., Hay, J., Carney, M., Hovaneec, S., Handler, E., Farren, J., Rettaliata, J. y Hayleck, R. 2021. Cartera de esquemas de calificación de procedimientos para la fabricación aditiva por deposición de energía dirigida por metales. Artículo leído en las Actas de la NDIA del Simposio de Ingeniería y Tecnología de Sistemas de Vehículos Terrestres (GVSETS), Novi, Michigan, del 10 al 13 de agosto de 2021. Recuperado de [gvsets.ndia-mich.org/publication.php?documentID=832](https://gvsets.ndia-mich.org/publication.php?documentID=832).

6. McNeil, J. L. 2022. Planificación de trayectorias de segmentos no alineados por gravedad (NGA) en direcciones arbitrarias para la fabricación aditiva de metales a gran escala (LSAMM). Tesis doctoral, Universidad de Tennessee. Recuperado de [trace.tennessee.edu/utk\\_graddiss/7081](https://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/7081).

7. American Bureau of Shipping. 2022. Requisitos para la fabricación aditiva.

**MICHAEL CARNEY** ([mcarney@ewi.org](mailto:mcarney@ewi.org)), **J. LOGAN MCNEIL** ([jmcneil@ewi.org](mailto:jmcneil@ewi.org)), y **DENNIS HARWIG** trabajan en EWI, Columbus, Ohio. Harwig también trabaja en el Laboratorio de Ingeniería de Soldadura de la Universidad Estatal de Ohio, Columbus, Ohio.

*La claridad óptima es importante porque determina qué tan bien puede ver y trabajar un operador.*

POR EMILY NELSON

# LA SEGURIDAD ES LO PRIMERO: cómo encontrar el EPP adecuado para sus necesidades

**L**a soldadura es una profesión altamente técnica y precisa, y el éxito comienza y termina con la seguridad. Como piedra angular de la profesión, la seguridad es algo que debe aplicarse y respetarse todos los días. Encontrar formas de reducir los riesgos de seguridad y mejorar el cumplimiento es fundamental para crear un entorno de soldadura más seguro, y usar el equipo de protección personal (EPP) adecuado es el primer paso. De la cabeza a los pies, el EPP adecuado lo mantendrá seguro, cómodo y en cumplimiento con las normas.

## Un enfoque doble para la seguridad del casco

El uso de un casco es absolutamente necesario. Las chispas, las salpicaduras y la luz brillante son normales al soldar, por lo que el casco adecuado es una pieza esencial del EPP. Los cascos protegen a los operadores de la radiación ultravioleta dañina, la luz infrarroja y los escombros que salen volando. Aun así, es necesario ver lo suficientemente bien para realizar una soldadura limpia. Existen dos estilos comunes de cascos de soldadura que determinan la cantidad de luz que es visible antes, durante y después de la soldadura: pasivos y con oscurecimiento automático.

Los cascos pasivos tienen una lente de color oscuro y permanecen oscuros; no hay cambio del estado claro al oscuro. Para inspeccionar la soldadura, es necesario quitarse el casco.

Sin embargo, los cascos con oscurecimiento automático ajustan los tonos según los diferentes procesos y aplicaciones de soldadura. Cuando el casco está en la posición inferior, podrá ver a través de una lente de luz para evaluar claramente la pieza de soldadura. Una vez que se genera un arco, el casco se oscurece automáticamente para una seguridad óptima.

A continuación, un componente menos obvio de la seguridad del casco, pero posiblemente igual de importante, es la comodidad. Un casco de soldadura diseñado correctamente ofrece una mayor protección contra problemas como lesiones oculares y lesiones musculoesqueléticas a largo plazo en los músculos del cuello y la espalda. Además, un casco que tiene un área de visualización considerable y una lente con oscurecimiento automático reduce la fatiga visual al mirar la junta de soldadura. También minimiza la necesidad de cabeceo asociado con la colocación de cascos de soldadura pasivos o tradicionales mediante el uso de un movimiento de cuello hacia adelante. Un casco cómodo, combinado con una mejor visibilidad, fomenta una mayor aceptación del operador y hace que sea más probable que el operador mantenga la capucha puesta durante todo el día.

Elegir un casco que proporcione la protección necesaria contra los peligros en el lugar de trabajo y que al mismo tiempo permita la capacidad de soldar con una restricción mínima es importante. Para aquellos que estén considerando una actualización, los cascos más recientes del mercado ofrecen numerosas ventajas distintivas, incluidas las siguientes:

- El peso reducido del casco y el equilibrio mejorado ayudan a disminuir la fatiga y minimizar la torsión en el cuello del soldador.
- Un área de visualización más grande y una mejor visión periférica le brindan al soldador una vista más clara del charco de soldadura, la junta de soldadura y el área de trabajo en general sin causar incomodidad.
- Una claridad mejorada, gracias a los avances en la tecnología de lentes, puede proporcionar un estado de luz más brillante, el doble de claridad y un contraste mejorado de la pieza de trabajo para una mejor vista del arco de soldadura. La combinación de estas características brinda a los soldadores más confianza mientras trabajan, lo que les permite ver el charco de soldadura con mayor claridad y, por lo tanto, evitar errores costosos y reducir la repetición del trabajo.
- Los cascos con un diseño flexible y ergonómico y una almohadilla cómoda en la parte posterior de la cabeza pueden ayudar a lograr la máxima comodidad para usarlos durante todo el día.

Elegir un casco que proporcione la protección necesaria contra los peligros en el lugar de trabajo y que, al mismo tiempo, permita soldar con restricciones mínimas es importante. Para quienes estén considerando una mejora, los cascos más recientes del mercado ofrecen numerosas ventajas distintivas, entre las que se incluyen las siguientes: El



**El EPP adecuado le permitirá estar seguro, cómodo y en cumplimiento con las normas.**

## **Un casco de soldadura diseñado correctamente ofrece una mayor protección contra problemas como lesiones oculares y lesiones musculoesqueléticas a largo plazo en los músculos del cuello y la espalda.**

El peso reducido del casco y el equilibrio mejorado ayudan a minimizar la torsión en el cuello del operador de soldadura y a disminuir la fatiga.

Un área de visualización más grande y una mejor visión periférica brindan al soldador una visión más clara del charco de soldadura, la junta de soldadura y el área de trabajo en general sin causar incomodidad.

La claridad mejorada, gracias a los avances en la tecnología de lentes puede proporcionar un estado de luz más brillante, el doble de claridad y un contraste mejorado de la pieza de trabajo para una mejor vista del arco de soldadura. La combinación de estas características brinda a los soldadores más confianza mientras trabajan, lo que les permite ver el charco de soldadura con mayor claridad y, por lo tanto, evitar errores costosos y reducir la repetición del trabajo.

Un casco con un diseño flexible y ergonómico y una almohadilla cómoda en la parte posterior de la cabeza puede ayudar a lograr la máxima comodidad para usar durante todo el día.

Dado que los cascos de soldadura no brindan protección ilimitada para los ojos, los oídos y la cara, también es necesario usar anteojos de seguridad aprobados con protectores laterales debajo del casco.

## **Una visión más nítida de la claridad del casco para mejorar las soldaduras**

El uso de un casco de soldadura que brinde una claridad óptima es clave porque determinará qué tan bien se puede ver y trabajar. La visibilidad no debe darse por hecho y, con tantas opciones de cascos de soldadura en el mercado puede resultar difícil comprender cómo los diferentes lentes y sus clasificaciones de claridad afectarán el tiempo en el trabajo.

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) regula cómo se mide la claridad en los cascos de soldadura y proporciona una marca ANSI para indicar el cumplimiento de las normas de seguridad. Algunos fabricantes también aplican las clasificaciones de calidad óptica de las Normas Europeas (EN) a las lentes de oscurecimiento automático, aunque estas clasificaciones no son obligatorias en los Estados Unidos. Las pruebas de clasificación se realizan en cuatro clases de claridad óptica:

1. ¿Qué tan distorsionada está la lente de soldadura?

**El casco adecuado proporciona la protección adecuada y permite al operador soldar sin restricciones.**



2. ¿Qué tan uniforme es la lente de soldadura y cuántas impurezas tiene?
3. ¿Qué tan consistentemente oscura es la lente de soldadura?
4. ¿Qué tan consistentemente clara y oscura es una lente de soldadura cuando se mira el arco desde un ángulo agudo?

Las clasificaciones de los cascos se clasifican en esas cuatro clases de clasificación de 3 a 1, siendo 3 la clasificación más baja y 1 la más alta. Las clasificaciones generalmente se comparten como x/x/x/x (por ejemplo, 1/1/1/2). Estas clasificaciones de claridad óptica solo califican un aspecto cualitativo de una lente de soldadura y son independientes de las clasificaciones de cascos de soldadura ANSI requeridas.

Si desea encontrar el casco de soldadura que realmente le brinda la mejor claridad en los Estados Unidos, intente lo siguiente:

1. Primero, busque un casco con la calificación de claridad porcentual más alta dentro de los límites seguros de la prueba de transmisión de luz en ANSI. Z87.1, Estándar nacional estadounidense para dispositivos de protección personal para ojos y rostro ocupacional y educativo, cuando la lente está en los estados claro y oscuro.
2. Segundo, asegúrese de que su entorno esté bien iluminado. Si no lo está, intente mejorar las condiciones de iluminación, ya sea integrando soluciones en el casco de soldadura o como una solución independiente para ayudar a mejorar la visibilidad.
3. En tercer lugar, asegúrese de utilizar lentes de aumento y lentes de protección de alta calidad y certificadas por el fabricante ANSI para obtener la visión más clara.

4. Por último, si se proporcionan, busque las clasificaciones de claridad óptica con la norma EN. Las primeras tres (1/1/1/x) son las más importantes porque afectan directamente a la soldadura el 100% del tiempo. La cuarta clasificación (x/x/x/1) es menos frecuente en las operaciones de soldadura.

## Mejore la seguridad y el cumplimiento de la protección respiratoria

El humo de soldadura es parte integral de la soldadura, por lo que es importante proteger la zona de respiración del soldador para que no inhale nada peligroso. Una mayor conciencia sobre los problemas de los humos de soldadura y las condiciones ambientales seguras sigue respaldando el valor de implementar una protección respiratoria adecuada junto con un casco bien diseñado. Los respiradores purificadores de aire motorizados (PAPR) y los respiradores con suministro de aire (SAR) son sistemas de purificación de aire más avanzados que se utilizan durante el proceso de soldadura. Ambos utilizan una máscara completa (por ejemplo, casco con capucha o máscara) que está conectada a una unidad que suministra aire limpio a la zona de respiración. Mientras que los respiradores tradicionales dependen de la energía pulmonar para extraer aire a través de los filtros, los sistemas PAPR utilizan un ventilador alimentado por batería que empuja el aire a través de los filtros y suministra aire limpio al usuario. Un SAR suministra aire limpio desde una fuente externa, como un tanque de aire.



Los avances tecnológicos recientes están impulsando la productividad, la seguridad y la comodidad en estas opciones de cascos respiratorios. Las mejoras en el flujo de aire se encuentran entre los beneficios, incluidos los nuevos diseños que ofrecen una distribución del flujo de aire sobre la parte frontal de la cara del operador de soldadura y en el costado de su cabeza. Al dirigir el flujo de aire a estas áreas donde se encuentran los vasos sanguíneos, se maximiza el efecto de enfriamiento ya que el flujo de aire funciona para estimular el proceso de termorregulación natural del cuerpo humano. La capacidad de personalizar dónde sopla el aire en la cara también ayuda a mantener al operador de soldadura más cómodo y productivo durante su jornada laboral.

## Cómo equiparse para la seguridad

La soldadura es un trabajo de cuerpo completo y, con tanto énfasis en la seguridad por encima del cuello, también es importante recordar proteger todo lo demás desde el cuello hacia abajo. Más allá de los cascos y los PAPR y SAR, estas categorías de EPP también deben priorizarse.

- **Ropa:** Las mangas cortas, los pantalones cortos y otras prendas que exponen la piel a chispas y salpicaduras deben dejarse en el armario. Los pantalones resistentes al fuego y las camisas y chaquetas de manga larga hechas de cuero o algodón grueso mitigan las quemaduras al proteger la piel del contacto directo con el metal caliente o las chispas.

- **Calzado:** Las sandalias, los zapatos deportivos y otras opciones de tela dejan los pies expuestos a chispas que pueden arder sin llama. Los zapatos de cuero de bota alta o las botas con casquillo de acero son imprescindibles para soldar.
- **Guantes:** Los operadores no solo deben proteger sus manos, sino también conservar la destreza total para completar las tareas de soldadura. Los guantes deben combinar protección y comodidad para proteger las manos contra quemaduras, cortes y descargas eléctricas. Es aconsejable optar por una protección para las manos resistente al fuego (y a los cortes, según sea necesario) al soldar o manipular materiales de soldadura.

## Conclusión

La protección en el trabajo adopta muchas formas, y cada pieza de equipo de seguridad contribuye a proporcionar el entorno de trabajo más seguro posible. El EPP adecuado debe adaptarse al trabajo en cuestión, brindar comodidad durante todo el día y maximizar la eficiencia. La seguridad no debe parecer una lucha. Una vez que esté equipado adecuadamente, encontrará que su EPP es más fácil de usar de manera constante día tras día. [WJ](#)

**EMILY NELSON** ([emily.nelson@millerwelds.com](mailto:emily.nelson@millerwelds.com)) es especialista en marketing en Miller Electric Mfg. LLC, Appleton, Wis.



### Proveedor de Soluciones

Para sus necesidades en soldadura, corte, y control de gases

Equipos de Soldadura y Corte  
Reguladores para Gases Comprimidos  
Antorcha de Corte / Boquillas de Corte  
Colectores de Gases Especializados  
Colectores de Cambio de gases

**Genstar Technologies**  
909.606.2726  
[info@genstartech.com](mailto:info@genstartech.com)  
[www.gentec.com](http://www.gentec.com)

[f](#) [i](#) [t](#)  
**@genstartech**

Join us at  
**FABTECH**  
**Booth No. W3314**  
OCT 15 - 17, 2024  
[@Orlando, FL](#)



**Mejor vendido**  
**MEDIUM DUTY OUTFIT**  
EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA DE SERVICIO MEDIANO  
**7120**  
Silver Series



**PT Series**  
Positioner



**12-PT Series**  
Portable Outfit

# LA SOLDADURA DE ALUMINIO AL DESCUBIERTO



*Un soldador utiliza metal de relleno de aluminio Hobart para fusionar un tubo de aluminio.*

# CINCO ESTRATEGIAS PRINCIPALES PARA LA FUSIÓN DE LA RAÍZ

Cuando se trata de soldar uniones de aluminio, la fusión de la raíz es vital para lograr soldaduras fuertes y duraderas. Pero puede ser difícil de conseguir. La fusión de la raíz en las soldaduras de filete se logra cuando el metal de soldadura derrite por completo el metal base hasta la raíz de la unión. Sin embargo, debido a la alta tasa de conductividad térmica del aluminio, el calor del arco se transfiere a toda la pieza de metal en lugar de permanecer concentrado hacia la raíz de la unión, lo que impide la fusión de la raíz. Según la AWS D1.2/D1.2M:2014, *Código de soldadura estructural: aluminio*, Sección 3.6.3 (6), “La soldadura debe exhibir una fusión completa en la raíz y en el metal base mediante la prueba de macrograbado”. A pesar de sus desafíos con el aluminio, la fusión de la raíz es necesaria y alcanzable con las técnicas adecuadas.

La fusión incompleta en las soldaduras puede provocar fallas. En el caso de las soldaduras de ranura, la fusión de la raíz se puede apoyar fácilmente utilizando un ángulo incluido de 60 grados. Esto abre la soldadura mucho más que el ángulo típico de 45 grados utilizado en el acero. Pero comprobar la fusión de la raíz tanto en las soldaduras de ranura como en las de filete a simple vista es un desafío. En el caso de las soldaduras de ranura, las pruebas por rayos X y ultrasonidos son opciones. En el caso de las soldaduras de filete, la fusión de la raíz solo se puede comprobar destruyendo la pieza de soldadura mediante la realización de una prueba de macrograbado para comprobar la profundidad de la fusión y una prueba de fractura para comprobar su solidez. Trabajar deliberadamente para lograr la fusión de la raíz es más eficiente que confiar en las pruebas posteriores a la soldadura para asegurarse de que se produzca.

El camino más corto hacia la fusión de la raíz en la soldadura de aluminio es a través de técnicas que mejoren esa posibilidad. Estas son las cinco mejores prácticas para aumentar el potencial de una fusión de la raíz adecuada.

## 1 Eliminar el óxido

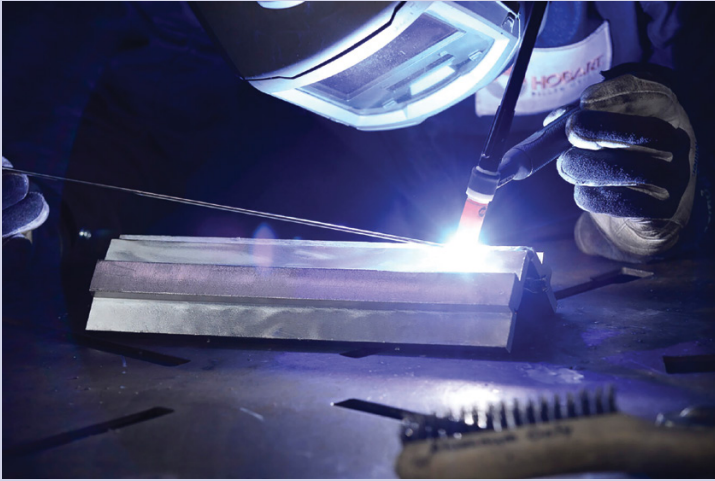
Al preparar el aluminio para soldar, el primer paso es limpiar la superficie con disolvente. El aluminio tiene una capa natural de óxido que se forma en el momento en que se expone a la

atmósfera. Con un tamaño de entre 4 y 5 nanómetros, esta capa se autolimita y no crece a menos que esté expuesta a la humedad. Pero cuando el óxido de aluminio se contamina con aceites, grasa y humedad, se forma y crece óxido de aluminio hidratado. La humedad y los aceites en la superficie del aluminio pueden generar porosidad en la soldadura. Alimentada por la humedad, esta capa de oxidación puede crecer infinitamente. Eliminar la humedad y limpiar con un disolvente de acetona puede mejorar la fusión de la raíz.

El siguiente paso es eliminar el óxido de aluminio con un cepillo de alambre de acero inoxidable. Cuando la capa de óxido se vuelve más gruesa, es más difícil lograr la fusión porque es resistente a la electricidad y tiene un punto de fusión mucho más alto. El óxido de aluminio se funde a 3762 °F, tres veces la temperatura para fundir el aluminio (1221 °F). Por eso, la capa de óxido debe eliminarse antes de soldar para garantizar una buena fusión.

## 2 Aumente el amperaje y manténgase frente al charco

Como ocurre con cualquier metal, un amperaje más alto hace que se bombee más calor a la pieza. Esto mantiene el charco caliente y aumenta la probabilidad de fusión de la raíz en el aluminio conductor térmico. Para obtener más acceso a la raíz de la unión, es fundamental permanecer frente al charco. Caer sobre la parte superior del charco crea un colchón que absorbe la energía del arco y evita que el calor llegue a la raíz de la unión. Se necesita una velocidad de desplazamiento mucho más rápida para asegurarse de permanecer frente al charco. Otra forma de aumentar las posibilidades de fusión de la raíz es utilizar cordones de soldadura rectos al soldar. A veces, cuando se suelda con arco metálico con gas, los operadores utilizan la técnica de látigo y pausa para crear un aspecto de pila de monedas de diez centavos, pero eso también puede provocar una fusión incompleta porque el arco no está en el borde delantero del charco todo el tiempo. Los cordones de soldadura rectos son la mejor opción para la fusión de la raíz al soldar con aluminio.



(foto izquierda) Un operador de soldadura utiliza soldadura por arco de tungsteno con gas para fusionar placas de aluminio. (derecha) Un operador de soldadura sostiene una unión terminada fusionada con metal de relleno de aluminio Hobart.

### 3 Aumente el diámetro del alambre

Para alcanzar la fusión de raíz en el aluminio, se necesita calor desde muchos ángulos. Para ello, un diámetro de alambre mayor conlleva una mayor capacidad de densidad de corriente. Una mayor densidad de corriente significa que se obtiene más corriente a partir de una velocidad de alimentación de alambre determinada que la que se obtendría con un diámetro menor. Con un diámetro mayor, se agrega menos área de superficie de alambre, lo que disminuye la capa de óxido que se produce naturalmente en el alambre de aluminio. Por lo tanto, un diámetro de alambre mayor también ayuda a minimizar la porosidad. Para materiales más gruesos, utilizar un alambre de 0.062 pulgadas de diámetro o mayor ayudará a bombear calor y amperaje a la soldadura. Con las capacidades de pulso actuales, los operadores pueden utilizar diámetros de alambre mayores en materiales más delgados. Esto puede ayudar a simplificar el inventario y, al mismo tiempo, aumentar la posibilidad de una fusión de raíz consistente.

### 4 Cambie a una mezcla de gas helio-argón

Otra forma de lograr ese calor tan importante que se requiere para la fusión de raíz en las soldaduras de aluminio es cambiar a una mezcla de gas argón-helio. Aunque el helio escasea y tiene un precio elevado, es exponencialmente más eficaz para calentar el metal que el argón solo. El mayor potencial de ionización del helio y su mayor índice de conductividad térmica lo hacen ideal para soldar aluminio. El argón conduce el calor tan mal que se utiliza entre ventanas de doble y triple panel para evitar la transferencia de calor y frío del interior al exterior y viceversa. Aunque el argón es un gas estable para soldar aluminio, no es el mejor para que el calor entre en la pieza para la fusión de raíz.

### 5 Precalentamiento

El noventa por ciento de las fusiones incompletas se producen al principio de la soldadura de aluminio, el punto más frío de la soldadura. El metal se calienta a unos pocos centímetros de la soldadura, por lo que el calor del arco deja de alejarse del charco. Las normas de la AWS permiten el precalentamiento a 250°F para el aluminio. Una forma óptima de precalentar es con una pistola de calor. El precalentamiento con sopletes y combustible deposita agua en el aluminio como subproducto de la quema del aditivo del combustible. Esto puede dar lugar al temido óxido de aluminio hidratado, que aumenta la porosidad y reduce la probabilidad de fusión de raíz. Muchos soldadores ahora incluyen una función de arranque en caliente que eleva temporalmente la velocidad de alimentación del alambre y el voltaje al comienzo de una soldadura, aumentando las probabilidades de fusión de raíz en ese punto de la soldadura.

### Reflexiones finales

Lograr la fusión de raíz puede ser un desafío al soldar aluminio. La fusión incompleta reduce el espesor de la garganta en las soldaduras de filete y puede hacer que la soldadura falle prematuramente. La conductividad térmica única del aluminio y la capa de óxido que inhiben la fusión de raíz se pueden manipular con cinco prácticas clave: eliminar el óxido, aumentar el amperaje y permanecer frente al charco, aumentar el diámetro del alambre, cambiar a una mezcla de gas argón-helio y precalentar. Si se siguen estas prácticas recomendadas, la fusión de raíz se puede lograr de manera fácil y regular. **WJ**

**SEAN WALKOWSKI** ([sean.walkowski@hobartbrothers.com](mailto:sean.walkowski@hobartbrothers.com)) es ingeniero de aplicaciones de aluminio en Hobart Filler Metals, Traverse City, Michigan.

## Alambres para GMAW Serie 4000 que cuentan con tecnología de tratamiento de superficies



Una tecnología de tratamiento de superficies de patente propia agregada a los alambres para soldadura por arco con electrodo metálico protegida por gas Alcotec® de aluminio 4043 y 4047 mejora el desempeño de la alimentación del alambre en aplicaciones robóticas y sistemas de alimentación con longitudes de pistola largas. Los alambres serie 4000 van uno sobre el otro de manera más fácil, minimizando el enmarañado del alambre dentro de un tambor y brindando una alimentación más consistente y confiable para solucionar problemas como castañeteo del arco, discontinuidades del cordón de soldadura y solidificación. Estos alambres se usan ampliamente en aplicaciones automotrices como charolas de baterías de vehículos eléctricos y ensambles de defensa, bicicletas y fabricación en general. Los alambres para GMAW 4043 y 4047 están disponibles en diámetros de 0.030 a 1/16 de pulgada; tamaños de carrete de 1, 5, 16 y 20 libras (0.45, 2.27, 7.26 y 9.07 kg); y tambores AlumaPak™ de 50, 180 y 311 libras (22.68, 81.65 y 141.07 kg).

**ESAB**  
esab.com

## AWS anuncia la especificación C3.11M/C3.11:2024, Specification for Torch Soldering



La especificación AWS C3.11M/C3.11:2024, Specification for Torch Soldering (Especificación para soldadura blanda con antorcha), describe el equipo pertinente, los procedimientos de fabricación y los requerimientos de calidad (inspección) para la soldadura blanda con antorcha de cerámica, metales preciosos y metales refractarios así como las aleaciones de cobre, hierro, níquel, aluminio, magnesio, estaño, plomo y zinc. El documento incluye criterios para clasificar uniones de soldadura blanda con antorcha con base en la carga y las consecuencias de falla, así como los criterios de aseguramiento de la calidad que definen los límites de aceptabilidad en cada clase. El propósito de la especificación es estandarizar los requerimientos del proceso de soldadura blanda por antorcha que asegurará que las uniones de soldadura blanda logren el nivel de calidad requerido por la aplicación. El documento establece los requerimientos mínimos para los procesos, usando información explicativa mínima para limitar la ambigüedad.

**AWS Bookstore**  
pubs.aws.org

## Plataforma de alto desempeño mejorada que agrega insertos rotatorios ISO

La plataforma rotatoria de alto desempeño KCP25C ahora incluye insertos rotatorios ISO, insertos de perfilado Top Notch™, e insertos rotatorios de riel adicionales.



Cuenta con la tecnología de recubrimiento avanzado KENGold™ para mayor resistencia al desgaste, mayor robustez y menos descascarillado, protección mejorada de bordes para una mayor exactitud y confiabilidad del maquinado y velocidades de corte más rápidas para mayores velocidades de remoción de metal y productividad. El recubrimiento ya estaba disponible en las formas y estilos de inserto más comunes, los cuales son C, D, S, T, V y W.

**Kennametal**  
kennametal.com

## Extractor robótico modular de humos de soldadura que aumenta el ahorro de energía y reduce los costos de operación

La versión modular actualizada del extractor robótico de humos de soldadura Spire™ está disponible en tres tamaños y valores de CFM para aceptar una gama mayor de requerimientos de flujo de aire. Los nuevos tamaños permiten a los fabricantes adaptar sus sistemas de recolección de polvo a sus necesidades para mayores ahorros de energía, mientras que reducen los costos totales de operación y mantenimiento. El tamaño más pequeño, con cuatro cartuchos de filtro y CFM de 2200, es para un solo robot o para una celda pequeña de soldadura de 10 x 10 pulgadas (25.4 x 25.4 cm). El intermedio, con seis cartuchos de filtro y CFM de 3300, soporta una celda robótica de 15 x 15 pulgadas (38.1 x 38.1 cm). La unidad grande de 10 cartuchos con CFM de 5500 soporta hasta dos celdas de soldadura robótica. Cada unidad tiene una plantilla de 36 x 36 pulgadas (91.4 x 91.4 cm). Las unidades están canalizadas directamente a la celda de soldadura, eliminando la necesidad de complicados sistemas de conductos centralizados, y son fáciles de mover con la celda



## Máquina automatizada de corte láser que reduce el manejo de material

Al maximizar la capacidad de su estación de corte de procesamiento láser de gran dimensión para centros de servicio de acero, manufactureros y fabricantes, la máquina láser y de taladrado Serie LS integra la opción del usuario de una o dos cabezas de taladrado. Cada cabeza incluye hasta seis herramientas de 4000 rpm con una potencia de maquinado de 16.5 kW (22 hp) por cabeza, potencia de taladrado de hasta Ø16 y potencia de machuelado de M12, y una capacidad de cambio de herramiental de hasta 0.8 segundos. La máquina combina corte láser de áreas desde 10 x 20 hasta 20 x 230 pies (3 x 6 hasta 6 x 70 m) con taladrado y machuelado de agujeros pequeños para reducir la necesidad de manejo de material. Los usuarios pueden taladrar agujeros de hasta 7/8 de pulgada y machuelar agujeros de hasta 5/8 de pulgada. El diseño del sistema móvil completamente automatizado se coordina con el movimiento de la máquina en toda su longitud. Un sistema de control de producción automático les permite a los operadores programar tareas a lo largo del área de corte mientras que brinda una

si las líneas de producción cambian. La tecnología PleatLock en los filtros minimiza el tamaño de la unidad por CFM y permite que cada filtro capture más partículas, con lo que aumenta el tiempo entre cambios de

filtros. Un sistema de pulso automatizado y placas deflectoras protegen a los filtros y prolongan su vida.

**RoboVent**  
[robovent.com](http://robovent.com)

**HELIOS** WORLD OF  
**NOTHING WELDS LIKE**

**KATANA AIR 10**  
**LASER WELDING**  
 ULTRA COMPACT FORM FACTOR

SYNERGIC CONTROL - EASY TO USE

**POWER 1100W**

28 KG 7"



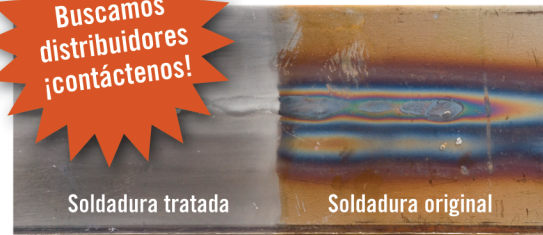
AN. 225MM AL. 550MM PR. 415MM

HELIOSWELDS.COM

## WONDER GEL

Gel limpiador y anticorrosivo para acero inoxidable

Buscamos distribuidores ¡contáctenos!



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 CORP.**  
 21660 Waterford Dr. | Yorba Linda, CA 92887  
 ph 714.695.0899 | fax 714.695.0840  
[sales@derustit.com](mailto:sales@derustit.com) | [www.derustit.com](http://www.derustit.com)



máxima flexibilidad en todas las dimensiones de corte con producción continua en diferentes áreas de corte independientes. Las opciones incluyen tecnología de corte de cabeza doble, un sistema de fibra de núcleo doble para placas gruesas y delgadas, un sistema automático de cambio de tarima, un sistema de aspersión de agua y más.

**Tecoi**  
tecoi.com

### Discos de fibra, discos de cambio rápido y bandas que ofrecen tecnología de filo duradero

Los discos de fibra, discos de cambio rápido y bandas RazorStar™ cuentan con tecnología de grano cerámico diseñadas, para alto desempeño en aplicaciones difíciles de rectificadas. Una combinación de granos muy afilados con un auxiliar de rectificadas agrandado ayudan a reducir significativamente la generación de calor para cortes más fríos y una vida más larga en una variedad de materiales, como por ejemplo acero al carbón, aluminio, acero inoxidable, aleaciones de níquel y otros metales difíciles de rectificadas. Al permitir altas velocidades de corte y de remoción de material, el grano diseñado en los productos tiene una forma consistente de un grano a otro, junto con puntos de corte muy afilados. La geometría y la microestructura le permiten al grano permanecer afilado, con-

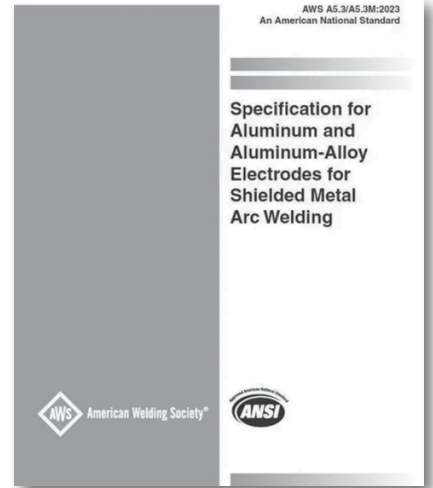


forme se exponen nuevos puntos de corte cuando el grano se fractura. Los productos además tienen una muy alta concentración de granos orientados hacia arriba, por lo que los abrasivos están listos para cortar y funcionar en su punto más afilado. Los discos de cambio rápido tienen un refuerzo robusto que soporta presión extrema al remover material, desbarbar, biselar y rebajar, y son perfectos para aplicaciones en la industria aeroespacial, de mantenimiento, reparación, operación, fabricación de metal, soldadura y energía. Las bandas se hacen bajo pedido y están diseñadas para aplicaciones de rectificadas por impacto, robóticas o sin preparación en mercados como por ejemplo el de la fundición, el aeroespacial, el automotriz, el mercado de la fabricación de metal, el del petróleo y el gas, y el de la ingeniería en general.

**Norton**  
nortonabrasives.com  
(508) 795-5000

### AWS anuncia la especificación A5.3/A5.3M, Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding

La especificación A5.3/A5.3M:2023, Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy



Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (Especificación para electrodos de aluminio y de aleaciones de aluminio para soldadura por arco con electrodo metálico protegida), establece los requerimientos para la clasificación de electrodos de aleación de aluminio E1100, E3003 y E4043 recubiertos (recubiertos de fundente) para soldadura por arco con electrodo metálico protegida. Las pruebas realizadas para la clasificación son análisis clínicos del alambre con núcleo así como pruebas de tracción y doblez de ensambles de prueba de soldadura en ranura fabricados con cada uno de dos tamaños de electrodo para cada clasificación. Se especifican los tamaños de electrodo estándar, la identificación del electrodo y los límites de la composición química.

**AWS Bookstore**  
pubs.aws.org

## ÍNDICE DE ANUNCIANTES

**AWS Certification**  
aws.org/certification

**23**  
(305) 443-9353

**Genstar Technologies, Inc.**  
gentec.com

**33**  
(909) 606-2726

**Bradford Derustit Corp.**  
derustit.com

**38**  
(714) 695-0899

**Welding Technology Group S.A.S**  
helioswelds.com

**38**  
Contacto Web

**Cor-Met, Inc.**  
cor-met.com

**13**  
(800) 848-2719

**Weston Tools**  
westontools.com.mx

**7**  
52 1 33 2390 5638