

WELDING JOURNAL



JULIO 2024

EN ESPAÑOL

Corte con láser de fibra versus corte con plasma

ADEMÁS: Soldadura en tuberías ■ Aplicaciones de cobots ■ Soldadura láser ■ Interpretación de planos

¿Buscando Tungsteno Toriado del 2%?



El tungsteno toriado del 2% ha sido el estándar de la industria de la soldadura por décadas. Ahora algunos distribuidores le harán creer que la disponibilidad del tungsteno toriado llegó a su fin.

Los Tungsten Electrode Experts de Diamond Ground Products tienen tungsteno toriado del 2% en existencia y disponible por tiempo indefinido.

Llame a DGP para conseguir su tungsteno toriado al 2% o 4% o para obtener una muestra gratuita de nuestras otras variantes de tungsteno, como Tri-Mix™ o Cryo-T. Estas son mejores opciones y no como otras imitaciones baratas que dicen ser “tecnología nueva”.



“The Tungsten Electrode Experts”

2651 Lavery Court • Newbury Park, CA 91320
 Tel: 805.498.3837 • sales@diamondground.com

DIAMONDGROUND.COM

ARTÍCULOS

18 El corte con láser de fibra contra el corte con plasma en la fabricación de metal

Cómo seleccionar la mejor opción para las necesidades de su negocio

K. Rich



22 Cómo superar la fortaleza de soldaduras circunferenciales en tubería

Una guía para evitar fallas de soldadura circunferencial en tuberías recién construidas

W. A. Bruce y R. Scoles



28 La fundición arroja nueva luz sobre las aplicaciones de cobots

Un estudio de caso muestra los beneficios de la automatización manos libres mediante cobots

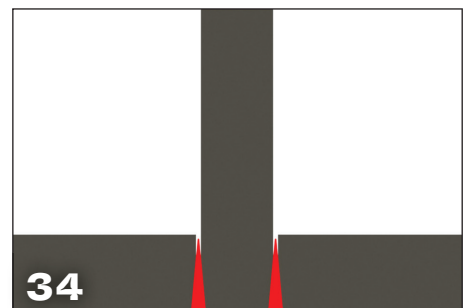
D. Colvin



34 Láseres: ¿lo más adecuado para soldadura?

Para muchos fabricantes, el láser se ha convertido en la herramienta por omisión para una soldadura más fácil

B. Thompson



SECCIONES

- 5 Editorial
- 6 Punto de vista
- 8 Preguntas y respuestas – Acero Inoxidable
- 10 Artistas del arco
- 13 Tecnología
- 16 Cuaderno de trabajo
- 37 Nuevos productos
- 40 Índice de anunciantes



En portada: Corte de domo robótico con tecnología de plasma Hypertherm XPR300®. (Fotografía cortesía de Hypertherm Associates).

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 Bihrlé
Consultant

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

DIRECTORS

R. Ashelford (Dist. 13), Rock Valley College
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)
V. Kuruvilla (Dist. 17), Lexicon Inc.
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

D. H. Lange (Dist. 12), Northeast Wisconsin Tech. College
S. Moran (Dist. 3), General Dynamics Electric Boat
W. F. Newell (At Large), Euroweld Ltd.
A. Blakeney (Dist. 9), Welding Educator
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
M. Rotary (Dist. 11), ZF Motorsport
L. E. Showalter (At Large), Newport News Shipbuilding
M. M. Skiles (At Large), Consultant
R. H. Stahura (Dist. 6), ESAB Welding & Cutting Products
Vacant (Dist. 2)
J. Thompson (Dist. 8), Consultant
B. Towell (Dist. 19), Industrial Inspection & Services LLC
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 Wehl

Associate Editor Roline Pascal

Associate Editor Alexandra Quiñones

Peer Review Coord. Brenda Flores

Peer Review Assistant Editor Tiffany Herrera

Peer Review Editor Thomas J. Lienert

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 Giovanni Valdes

gvaldes@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

El nuevo lejano oeste: soldadura en el espacio

Toda una vida de ingeniería espacial convenció a Wernher von Braun de que la soldadura era uno de los aspectos más críticos de su trabajo. Tenía conversaciones frecuentes con sus colegas en las que hablaban sobre el impacto de la soldadura en la metalurgia, el equipo, el herramental, el control de calidad y la administración. Sesenta años después, los soldadores, gerentes de planta, científicos e ingenieros siguen teniendo las mismas conversaciones que tenía von Braun en la NASA. En todos los sectores de la industria, con el desarrollo de nuevos materiales y aplicaciones, necesitan avanzarse otra vez las ciencias y tecnologías de la soldadura y las juntas. Se desarrollaron las superaleaciones que soportaran los ambientes extremos de los motores de turbina, pero muchas eran insoldables con tecnologías de fusión tradicionales, por lo que se desarrollaron tecnologías de estado sólido. La falta actual de tecnologías de soldadura en el espacio está obstaculizando seriamente la nueva carrera espacial industrial.

La NASA, la *U.S. Air Force* (Fuerza Aérea de Estados Unidos), la *U.S. Space Force* (Fuerza Espacial de Estados Unidos), e infinidad de compañías establecidas y emergentes, están participando en la nueva fiebre del oro de la industria espacial moderna. ¿Por qué el interés? Materias primas, energía, y espacio para vivir si podemos hacerlo habitable. ¿Las limitaciones? Todo lo que usamos en el espacio se produjo en la tierra. Esto significa que sólo podemos llevar al espacio lo que podemos meter en un cohete químico y transportar en el mismo. Si las estructuras pudieran ensamblarse con soldadura en el espacio, entonces los componentes podrían enviarse en varios cohetes y ensamblarse para crear una estructura mucho más grande de lo que se tiene actualmente. La soldadura además permitiría reparaciones de emergencia y mantenimiento programado de los hábitats y del equipo.

Tenemos mucho camino que recorrer y poco tiempo para llegar. El único experimento de soldadura en el espacio reportado por Estados Unidos se hizo en el Skylab en 1973 (ntrs.nasa.gov/citations/20230012815). Hay muchos retos importantes para soldar en el espacio, y los factores principales incluyen una variedad de atmósferas, temperaturas, radiación y gravedades. Los adhesivos son actualmente la única tecnología usada para reparar fugas en la estación espacial, pero como toda la comunidad de soldadura y juntas sabe, los adhesivos están limitados en resistencia y confiabilidad en comparación con los procesos de unión metalúrgica. Muchos procesos de estado sólido requieren grandes fuerzas provistas por motores que no operan bien o que no operan en absoluto en el espacio; sin embargo, vale la pena investigar estas tecnologías debido a la simplicidad de no trabajar con metal fundido. Afortunadamente, los nuevos avances en soldadura de impacto desarrollada en la Universidad Estatal de Ohio se ven prometedores para aplicaciones de soldadura en el espacio. Las tecnologías de soldadura de fusión que requieren gas, como por ejemplo la soldadura por arco, serían muy costosas por el transporte de los cilindros de gas y requerirían soluciones a la medida para operar en un vacío. Otros procesos de soldadura por fusión, como por ejemplo la soldadura de resistencia por puntos, requieren fuerzas mecánicas, las cuales tendrían problemas relacionados con los motores, los sistemas hidráulicos o los sistemas neumáticos que no funcionarían en el espacio. Un análisis detallado de todas las tecnologías reveló que las tecnologías más prometedoras para su implementación a corto plazo como soluciones para soldadura en el espacio incluyen la soldadura láser y la soldadura por haz de electrones.

Soy parte del primer equipo académico en Estados Unidos creado para desarrollar tecnologías de soldadura en el espacio. Este equipo es dirigido por el profesor Antonio Ramirez del *Welding Engineering Program* (Programa de Ingeniería en Soldadura) en el *Department of Materials Science and Engineering* (Departamento de Ciencia e Ingeniería de los Materiales) en la Ohio State University (Universidad Estatal de Ohio). Estamos asociados con el *Center for Design and Manufacturing Engineering*, el *George Washington Carver Space Park*, el *University of Dayton Research Institute* (Instituto de Investigación de la Universidad de Dayton), la *Central State University*, *NASA Marshall*, *NASA Langley*, *NASA Glenn*, el *Air Force Research Lab*, el Estado de Ohio, y socios de la industria, que incluyen *Starlab*, *Voyager*, *Nanoracks*, la *Lincoln Electric Co.*, *IPG Photonics*, *Agile Ultrasonics*, y *Xiris*. Éste es un emocionante inicio para una nueva área de investigación, desarrollo y comercialización que tiene el potencial de cambiar el mundo.



Boyd Panton
*Profesor auxiliar,
 Welding Engineering
 Program, The Ohio
 State University*

“Un análisis detallado de todas las tecnologías reveló que las tecnologías más prometedoras para su implementación a corto plazo como soluciones para soldadura en el espacio incluyen la soldadura láser y la soldadura por haz de electrones”.

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

TABLE OF CONTENTS

Description Item
Introduction 1.0
Safety Summary 2.0
Method of Supply 2.1

Page 2
Page 4
Page 6
Page 7
Page 9
Page 16
Page 18
Page 25

Lectura e interpretación de planos

Un profesional de la industria comparte sus puntos de vista sobre este tema

Pienso que antes de adentrarnos en la lectura de planos, necesitamos entender que los planos y los dibujos técnicos son un lenguaje gráfico. Como todo lenguaje, los planos tienen su propia gramática, sintaxis y semántica. Como practicantes de este lenguaje, necesitamos adoptar por completo la gramática, la sintaxis y la semántica, debido a que estamos usando este lenguaje para comunicar ideas muy complejas en forma gráfica, las cuales toman forma en los espacios creativos ocupados por diseñadores e ingenieros. Estas ideas y cálculos se transfieren luego al lenguaje de líneas para eventualmente ser construidas por herreros, soldadores y plomeros encargados de volver el sueño realidad.

Por qué importan los planos

Ahora que hemos establecido que los planos son un lenguaje, un medio usado para comunicar ideas y conceptos muy complejos de un grupo a otro, necesitamos reflexionar sobre la importancia de la alfabetización en este lenguaje. Leer planos es esencial en las operaciones industriales principalmente, entre otras razones, porque asegura el cumplimiento y la exactitud en la ejecución del proyecto. Los dibujos técnicos y planos pueden ser documentos sencillos y claros o complejos y complicados que a veces rayan en el reino de lo que algunos podrían considerar locura. Los documentos son representaciones de diseños que detallan dimensiones, materiales y especificaciones cruciales para el término exitoso de un proyecto. Ya sea que usted trabaje en una planta de manufactura, en un sitio de construcción o en cualquier otro escenario industrial, una comprensión completa de los planos es vital para su trabajo o para que el producto final cumpla los requerimientos del diseño planeado. Esta precisión es de especial importancia cuando

se trabaja en proyectos con requerimientos específicos del cliente y tolerancias exigentes.

Además, la capacidad de interpretar planos es fundamental para una comunicación efectiva entre miembros del equipo en un escenario industrial. Los planos sirven como un lenguaje universal que permite a los profesionales de diversas disciplinas – ingenieros, arquitectos, fabricantes y técnicos – colaborar sin problemas. Al brindar una representación visual estandarizada del proyecto, los planos facilitan una comunicación clara, reduciendo la probabilidad de errores y malentendidos. Este aspecto colaborativo es de especial importancia en escenarios industriales donde los proyectos implican con frecuencia diversos equipos simultáneos.

Fases de un proyecto

Hay varias fases durante cualquier proyecto en que un error o mala interpretación de los planos puede llevar a costosos errores. Primero que nada, esto empieza con el proceso de licitación de un proyecto, cuando el paquete inicial de dibujos es revelado a las compañías que están concursando en el proyecto por cuya construcción está pagando el usuario final. En esta fase del ciclo de vida del proyecto, existe el riesgo de cometer un error y perder dinero si quienes están armando el paquete de licitación dejan pasar por alto un detalle o alguna información crucial que podría costarle dinero a la compañía más adelante. Necesitamos que los ingenieros, estimadores y personal de ventas sean capaces de leer e interpretar planos de construcción.

Una vez superado ese obstáculo, si la compañía gana la licitación, el proyecto entra a la fase de planeación, durante la cual profesionales de la construcción experimentados dividen en categorías los post-its con marcadores de colores y proceden a diseccionar los planos del proyecto hasta

los detalles más pequeños. Estos profesionales están buscando ese detalle pasado por alto en la fase de licitación, pues ese detalle omitido podría convertir este proyecto en un atolladero devorador de dinero. Es aquí donde se toman las decisiones sobre métodos de construcción, planeación y opciones de equipo. Un ejemplo podría ser la necesidad de una grúa muy grande para hacer un levantamiento crítico de un componente o estructura importante; esto podría necesitar una grúa muy cara, lo cual, si se ignora, podría tener impactos de largo alcance.

Secuencia de eventos

Como inspector e ingeniero de campo, ser capaz de leer e interpretar correctamente planos así como dibujos técnicos es uno de los elementos más importantes del trabajo. Se está en el trabajo para ayudar al personal experimentado a asegurarse de que todas las características y componentes de lo que se está construyendo se implementen correctamente y que no se cometan errores que costarán a la compañía valioso tiempo y grandes cantidades de dinero, además de tener implicaciones en el costo y en el calendario.

En mis experiencias personales, el papel importante que desempeñé con frecuencia era ser consultor de los trabajadores de campo. Muchas veces, facilité la oportunidad de aprender y perfeccionar destrezas en lectura de planos. Desempeñé este papel ayudando a algunos de los miembros calificados más nuevos a aprender algunas de las complejidades de la lectura de planos. La mayor parte del tiempo, esto no ocurría en un escenario de salón de clases formal; era una experiencia de persona a persona, tal vez hasta de un par de minutos para explicar una parte pequeña del rompecabezas de la lectura de planos, que incluye bloques de revisión, dimensionamiento, o algún otro pequeño bloque difícil que necesitara explicación.

Al leer e interpretar un plano o dibujo técnico, ésta es mi secuencia de eventos:

■ **Bloque de título.** Usualmente localizado en la esquina inferior derecha, el bloque de título revela detalles e información esencial acerca de lo que se está construyendo. Asegúrese de no estar construyendo el componente o estructura equivocada.

■ **Luego me voy a notas y notas clave.** Las notas en un plano brindan información adicional o especificaciones. Un ejemplo de esto podría ser una nota cerca de una viga específica que dice “W21 × 44”, indicando el tamaño y tipo de viga. Ponga atención a estas notas, pues brindan detalles cruciales para la construcción y manufactura.

■ **Números de revisión.** Revision numbers are vital for tracking changes. Los números de revisión son vitales para rastrear cambios. No exagere al decir lo importantes que son los números de revisión, pues el número de revisión indicará si el plano tiene varias revisiones. Debe verificarse cada número de revisión (Rev. 1, Rev. 2, etc.) para entender cómo ha evolucionado el diseño. Símbolos o nubes de revisión con frecuencia resaltan las áreas modificadas, y no hay nada peor que usar una revisión antigua; corregir eso va a costar tiempo y dinero. Verifique siempre el número de revisión antes de que empiece el trabajo.

■ **Dimensiones y tamaños.** Las dimensiones están marcadas con líneas y flechas, especificando la longitud, ancho y altura de componentes y elementos estructurales. Por ejemplo,


una línea de dimensión entre dos columnas podría indicar una distancia de 20 pies. En trabajo estructural, pondríamos atención a los tamaños de vigas, columnas y otros componentes estructurales para una construcción exacta.

■ **Finalmente, acudimos a los obreros y trabajadores de campo en la planta de producción que están construyendo y manufacturando nuestra estructura componente.**

Por supuesto, se trata de una fase con mucho riesgo de cometer errores si el personal calificado no lee o no interpreta correctamente los dibujos y planos. Las dimensiones y detalles descritos en el plano no son simples instrucciones arbitrarias, son opciones de diseño calculadas puestas en los dibujos para lograr un resultado visual y funcional específico. La necesidad de precisión en la fabricación no es algo exagerado; se necesita precisión para asegurar que cada componente cumpla con la dimensión y la especificación planeada para producir lo que el cliente ordenó. Esta atención a los detalles es lo que convierte en una victoria un conjunto de planos, donde cada elemento contribuye al éxito total del proyecto. Los técnicos calificados son los guardianes de esta precisión, y su capacidad para leer e interpretar dibujos de manera exacta es el eje que asegura que el producto final refleje la visión de los ingenieros y de los diseñadores descrita en el plano. En el mundo de la construcción y la manufactura, la importancia de apearse a las especificaciones no es exagerada pues esto se traduce directamente en la calidad y éxito del producto final.

Reflexiones finales

En conclusión, al ahondar en el mundo de la lectura de planos, encontramos una verdad profunda: los planos no son sólo diagramas en papel, son un lenguaje pictórico dinámico universal que une el mundo imaginativo de los diseñadores e ingenieros con el mundo práctico de los técnicos calificados. Conforme desciframos la gramática, sintaxis y semántica de este lenguaje gráfico, reconocemos su papel crucial en la transformación de ideas complejas en estructuras concretas. Una vez que pasamos las etapas de planeación meticulosa y toma de decisiones, la lectura de planos asegura que cada detalle intrincado, desde las dimensiones hasta los materiales, sea ejecutado meticulosamente en la planta de producción. La importancia de esta destreza se refleja en todo el ciclo de vida del proyecto, desde el proceso de licitación en la oficina frontal, donde un detalle inadvertido podría traducirse en pérdidas financieras, hasta la fase de planeación, donde las decisiones de la administración a nivel medio dan forma a la trayectoria del proyecto, y finalmente, hasta la fase de manufactura, donde técnicos calificados dan vida a los detalles del plano.

La precisión en la interpretación de planos no es sólo un requerimiento, es el hilo que une la visión de ingenieros y diseñadores con la destreza de quienes hacen la construcción y manufactura. En el negocio de la construcción y manufactura, la capacidad de ceñirse a las especificaciones es la clave para un proyecto exitoso, lo que asegura que lo que pagó el usuario final no se entregue así sin más, sino que se entregue con una precisión y excelencia sin igual. 

GARRY A. PACE (gpacex@gmail.com), an AWS CWI, un CWI de la AWS, es consultor en ingeniería de soldadura (texasweldingengineering.com) en Katy, Tex.

P: al hacer ensayos con líquidos penetrantes (PT, por sus siglas en inglés) de aceros inoxidables, muchos códigos y especificaciones establecen que los materiales penetrantes sean libres de sulfuros, cloruros y fluoruros. ¿Por qué esto es importante y qué significa?

R: estos contaminantes pueden llevar a diversos problemas de agrietamiento y corrosión en aceros inoxidables austeníticos y dúplex.

Códigos, estándares y especificaciones

AWS D1.6, *Structural Welding Code – Stainless Steel* (Código de soldadura estructural – Acero inoxidable), incluye en el párrafo 8.14.4, “Para detectar discontinuidades que están abiertas hasta la superficie, puede usarse el ensayo PT, siempre y cuando sea adecuado para acero inoxidable. Para PT deben usarse los métodos estándar establecidos en ASTM E165” (Ref. 1). ¿Qué significa “adecuado para acero inoxidable”?

AWS D10.4, *Guide for Welding Austenitic Stainless Steel Piping and Tubing* (Guía para soldadura de conductos y tubos de acero inoxidable austenítico), establece que debe tenerse cuidado al remover materiales de aceros inoxidables austeníticos que contengan cualquier forma de sulfuro, especialmente si el elemento soldado se va a tratar térmicamente o si va a estar en

uso a alta temperatura. El sulfuro puede contaminar la superficie y afectar seriamente la resistencia a la corrosión y a la escamación, y causar agrietamiento intergranular (Ref. 2).

Este estándar además aborda que probablemente los peores contaminantes son los cloruros y los fluoruros, los cuales pueden causar picadura fuerte y agrietamiento por corrosión bajo tensión de aceros inoxidables austeníticos. Éste identifica fuentes comunes de cloruros y fluoruros como pinturas y marcadores, solventes clorados, agua del ensayo a presión hidráulica y aceites de maquinado o corte. Éstos necesitan removerse por completo mediante solventes no clorados y agua destilada.

D10.4 además identifica otros contaminantes que deben removerse, que incluyen penetrantes líquidos usados para inspección y compuestos de marcado líquidos. Establece que debido a que los cloruros pueden picar o causar el agrietamiento del acero inoxidable austenítico, deben emplearse penetrantes y limpiadores libres de cloruros.

ASTM E165, *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry* (Práctica estándar para ensayo por líquido penetrante para la industria en general), también aborda esto estableciendo en 9.1.1 que al usar materiales penetrantes en aceros inoxidables austeníticos, es importante considerar el restringir ciertas impurezas, como por ejemplo sulfuro y halógenos. Establece que estas impurezas pueden causar fragilidad cáustica o corrosión, especialmente a temperaturas elevadas (Ref. 3).

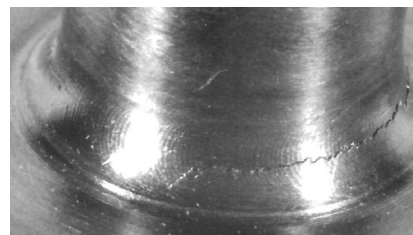
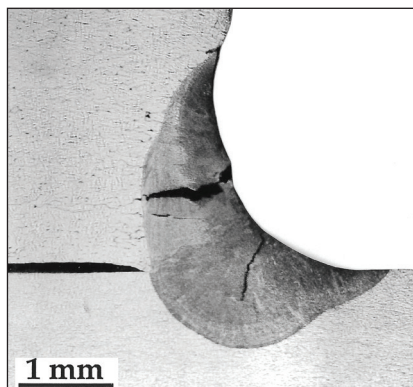


Fig. 1 – Agrietamiento en caliente en soldaduras en filete de acero inoxidable austenítico 304L (fotografías del autor).

Acero Inoxidable

POR RICHARD D. CAMPBELL

Los procedimientos de ensayo con líquidos penetrantes para aplicaciones ASME se encuentran en *ASME Boiler and Pressure Vessel Code*, Section V, *Nondestructive Examination* (Código de calderas y contenedores a presión, sección V, ensayo no destructivo). El artículo 6 sobre ensayo con líquidos penetrantes de este código aborda el control de contaminantes en el párrafo T-641 y requiere que el usuario obtenga certificación de contenido de contaminantes para todos los materiales líquidos penetrantes usados en aceros inoxidables austeníticos o dúplex. El apéndice II de este artículo requiere que todos los líquidos penetrantes usados en estos materiales se analicen en cuanto a su contenido de cloruros y fluoruros, estipulando que el contenido total de cloruros y fluoruros no debe exceder 0.1% en peso (Ref. 4).

Agrietamiento en caliente de soldadura

Los aceros inoxidables austeníticos son susceptibles a agrietamiento en caliente de soldadura (vea la Fig. 1), especialmente cuando el metal base o metal de relleno contiene niveles elevados de sulfuro en una microestructura de soldadura austenítica. La mayoría de las especificaciones de materiales limitan el contenido máximo de sulfuro a 0.030% en peso. Incluso AWS D1.6 en el párrafo 1.4.1 y en el apéndice G2 trata problemas con la soldadura de aceros inoxidables que contienen sulfuro debido a este problema de agrietamiento en caliente (Ref. 1). El sulfuro residual que queda después del ensayo penetrante (o proveniente de otras fuentes) podría producir agrietamiento en caliente si se hace soldadura subsecuente.

Agrietamiento por corrosión bajo tensión

Los aceros inoxidables austeníticos son propensos a agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC, por sus siglas en inglés), especialmente en

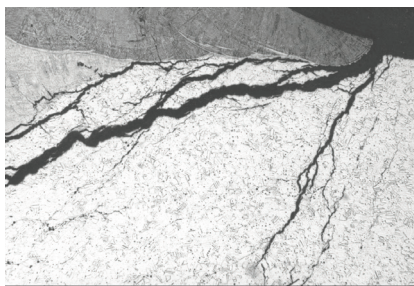


Fig. 2 —Agrietamiento por corrosión bajo tensión en soldadura en filete de acero inoxidable austenítico 316 y en zona afectada por el calor (Ref. 5).

ambientes con cloruros o fluoruros. El agrietamiento por corrosión bajo tensión ocurre cuando la aleación es sometida simultáneamente a esfuerzo de tensión y a un medio corrosivo específico, que incluye cloruros, bajo condiciones propicias de temperatura, composición de material y microestructura. La figura 2 ilustra el agrietamiento SCC por cloruro en una soldadura de acero inoxidable austenítico y en la zona afectada por el calor. La picadura y la corrosión en hendiduras en presencia de cloruros es otro problema. Los cloruros y fluoruros que quedan del ensayo con líquidos penetrantes podrían llevar a agrietamiento SCC en la soldadura, en la zona afectada por el calor o en el metal base. Por lo tanto, es imperativo que los materiales de ensayo con líquidos penetrantes estén libres de cloruros y fluoruros.

Otras fuentes de sulfuro, cloruros o fluoruros

Otras fuentes de sulfuro, cloruros o fluoruros incluyen marcadores o crayones indicadores de temperatura para medir las temperaturas de precalentamiento o entre pasadas; el agua usada para enfriamiento de las soldaduras de acero inoxidable austenítico; el agua usada para ensayo a presión hidráulica (especialmente cuando se agregan cloruros para evitar corrosión inducida por microbios del agua estancada); y solventes de limpieza.

Resumen

¿Qué significa realmente libre de sulfuro o cloruro? La sección V de ASME

limita los niveles de cloruro y fluoruro a 0.1% máximo en materiales penetrantes para aceros inoxidables. Los límites de especificación típicos para soluciones para ensayo PT son 300 ppm de cloruros o sulfuro.

Para ensayo con líquidos penetrantes de aceros inoxidables, así como para otras operaciones, es imperativo evitar la contaminación con sulfuro, cloruros y fluoruros que podría llevar a agrietamiento en caliente, agrietamiento por corrosión bajo tensión y otros problemas. Es importante seguir todos los requerimientos de códigos y especificaciones para evitar estos problemas – algunos de los cuales podrían no ocurrir hasta que el sistema ya está en operación.

Un dato curioso es que no hay un material realmente libre de cloruro o sulfuro; siempre hay ciertos niveles mínimos. Es por esto que se han impuesto límites máximos de composición. [WJ](#)

Referencias

1. AWS D1.6/D1.6M:2017-AMD1, *Structural Welding Code – Stainless Steel*, pp. 2, 143, 267-268. Miami, Fla.: American Welding Society.
2. AWS D10.4M/D10.4:2023, *Guide for Welding Austenitic Stainless Steel Piping and Tubing*, pp. 35-36. Miami, Fla.: American Welding Society.
3. ASTM E165/E165M-23, *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry*, p. 7. West Conshohocken, Pa.: ASTM International.
4. ASME *Boiler and Pressure Vessel Code*, Section V, *Nondestructive Examination*, pp. 220, 226. New York, N.Y.: American Society of Mechanical Engineers.
5. American Welding Society. *Welding Handbook. 2011 Materials and Applications, Part 1*, Ninth Edition, Volume 4, p. 313. Miami, Fla.: American Welding Society.

RICHARD D. CAMPBELL, PhD, P.E., es miembro de Bechtel y especialista técnico en soldadura de Bechtel Corp., Houston, Tex. Es expresidente del Subcomité D1K sobre Acero Inoxidable y miembro de varios comités de la AWS. Puede enviar sus preguntas a Richard D. Campbell c/o *Welding Journal*, 8669 NW 36 St., #130, Miami, FL 33166-6672 o al correo electrónico WeldingSol@aol.com.

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
 ☎ 52 1 33 2390 5638
 ✉ info@westontools.com.mx

EL ACERO SE *encuentra* CON LA PIEDRA

Los muebles hechos a mano de Quinn Morrissette mezclan el arte con la función



Quinn Morrissette, un artista radicado en Hampton Falls, New Hampshire, lleva el exterior al interior. Hace muebles esculturales de madera y rocas escurbadas, y usa metal para resaltar su belleza natural. Como nativo de las Montañas Blancas, Morrissette siempre ha amado el exterior y tiene mucho tiempo usando objetos naturales en su trabajo.

“El exterior me inspiró”, dijo Morrissette. Uno de mis pasatiempos favoritos es caminar por el bosque o por los arroyos en las Montañas Blancas. Allí me siento muy tranquilo y conectado con mi hogar. Cuando camino por el bosque, veo un trozo de madera o una roca atractiva e imagino algo que podría hacer con eso. El trabajo en metal que hago realmente es sólo una manera de resaltar la belleza de lo que vi en el bosque”.

Los primeros proyectos de arte importantes de Morrissette fueron dibujos con carbón. Hacía los carbones cortando ramas de árboles y quemándolas en una fogata. “Creo que el dibujo al carbón tiene un estilo más visceral para trabajo en 2D. Para mí, es lo más parecido a la escultura y algo que quiero seguir haciendo”, reveló Morrissette.

Considera que el trabajo que hace ahora es “dibujo con acero” pues dobla metal para contener rocas y pedazos de madera. A veces, usa una antorcha para doblar el metal mientras está caliente, y otras veces lo dobla en frío. Para el trabajo artístico, la soldadura por arco con electrodo metálico protegida con gas es su proceso preferido, pues es rápido y fácil.

La mayor parte del repertorio de Morrissette incluye trabajo de escultura y por encargo, aunque actualmente está concentrado en su arte. Con una base creciente de seguidores



La mesa de roca favorita de Morrissette.

en las redes sociales y, consecuentemente, más clientes, Morrissette tiene muchas oportunidades de entregarse a su creatividad.



La primera escultura grande que Morrissette soldó con su abuelo, Charlie Tetu.

La soldadura, un medio

Morrissette aprendió soldadura y herrería de su abuelo, Charlie Tetu, quien era un trabajador de molino en Groveton, N.H. Para mejorar sus habilidades, Morrissette entró a un programa de soldadura en preparatoria. Durante su último año, por las tardes tomó una clase de nivel superior de soldadura y se certificó en AWS D1.1, *Structural Welding Code — Steel* (Código de soldadura estructural — Acero).

Mientras Morrissette aprendía a hacer soldaduras estructuralmente buenas en la escuela, también trabajaba en proyectos de arte en metal en su tiempo libre. Ganó algunos premios y exhibió su trabajo en corredores de esculturas en New Hampshire. Morrissette sabía que quería ser artista, pero no estaba seguro de cómo mantenerse con eso.

Su afinidad con el arte y con la función lo llevó a estudiar diseño industrial en el *Wentworth Institute of Technology*, en Boston, Massachusetts. Con esta carrera, Morrissette aprendió una mezcla de destrezas prácticas como soldadura y destrezas de diseño dibujo y modelado por computadora.

Durante las vacaciones de verano, aceptaría trabajos como fabricante de calderas, trabajando 12 horas al día, de dos a tres semanas continuas. El dinero de esos trabajos le permitió viajar durante los veranos. Éste fue su primer indicio de cómo la soldadura podía pagarle su estilo de vida.

En su último año de universidad, Morrissette fue seleccionado para hacer una residencia artística en *White National Mountain Forest*. Su proyecto fue ayudar a construir la obra *Centennial Spiral*, la cual se exhibe en el Dolly Copp Campground en Martin's Location, New Hampshire. La escultura es una espiral de 40 pies (12 metros) de largo y 10 pies (3 metros) de altura hecha de un pino caído sujeto a un bastidor metálico. Fue un proyecto afortunado para Morrissette, pues de ahí salió la idea de tomar algo del exterior y resaltarlo usando metal. La pieza le permitió practicar, a gran escala, las destrezas que eventualmente usaría para hacer sus muebles esculturales.

El despegue con las redes sociales

Después de graduarse, Morrissette viajó a Nepal y a Hawái. “Mi compañero y yo nos mudamos a Hawái”, compartió. “Hicimos nuestras mochilas y nos fuimos. No conocía nada de allá, pero fue una experiencia divertida, y en cuanto llegamos a la isla rentamos un lugar”.

Para ganar dinero, Morrissette consiguió trabajos de soldadura de un espacio de creación y construcción (*makerspace*) en Honolulu, Hawái. Uno de sus trabajos fue construir lo que él llama una barandilla de onda en palma para un bloque de

La barandilla de onda en palma que Morrissette hizo para un conjunto de departamentos en Honolulu.



departamentos en el centro de Honolulu. Repito, la soldadura le estaba ayudando a ganarse la vida.

Cuando Morrissette regresó a New Hampshire inició su propio negocio.

“Siempre me gustó trabajar por mi cuenta”, dijo. “Creo que soy un emprendedor de corazón. Es realmente difícil ser creativo en un empleo trabajando para alguien. Lo intenté. Trabajé en una fundición de esculturas de bronce por poco tiempo. Y luego hice soldadura un poco más, pero nada de esto realmente funcionó. La gente seguía pidiéndome que hiciera cosas, entonces lo hice, y funcionó”.

Empezó haciendo esculturas, barandillas y muebles por encargo y reparaciones. Con el tiempo, dejó las reparaciones y el trabajo por encargo para enfocarse más en sus propias creaciones. Las primeras interacciones de sus esculturas muebles fueron mesas de madera con borde rústico hechas con troncos de abedul. Eventualmente, Morrissette empezó a incorporar rocas a su trabajo. Cuando empezó a compartir su proceso y su trabajo en las redes sociales, su negocio despegó.

Morrissette dijo que le tomó alrededor de tres meses alcanzar 150,000 seguidores en Instagram. Empezó a publicar todos los días y vio sus vistas aumentar exponencialmente. Algunos de sus videos en Instagram tienen más de un millón de vistas.

“Era ver cada día cómo mis seguidores aumentaban más y más”, dijo Morrissette. “Y pienso que la razón es que soldar es algo muy visual, y la narración es interesante. Era algo que la gente no había visto antes. Y usar una antorcha y chispas de soldadura es algo muy llamativo”.

Morrissette incluso ha vendido su trabajo a celebridades, y el rapero 50 Cent reaccionó a una de sus publicaciones.

“Es sorprendente; uno no se imaginaría a estas personas simplemente navegando por Tik Tok o por Instagram, pero también son humanos”, dijo Morrissette, explicando que la exposición puede llevar a la gente a comprar piezas muy caras a través de las redes sociales si el artista es consistente con sus publicaciones.

Otro resultado de la exposición en redes sociales de Morrissette es su curso de soldadura en línea. Conforme

sus seguidores aumentaban, la gente empezó a mandarle mensajes con preguntas sobre soldadura. Esto lo inspiró para crear su curso *1 Day Welder* para aficionados y artistas. El curso ha tenido éxito, con más de 2100 estudiantes inscritos. Ha sido una fuente complementaria de ingresos, lo cual Morrissette encuentra útil para artistas que trabajan.

“Acaba con el estrés, pues uno no quiere que su arte se vuelva una línea de producción o de ensamble”, explicó Morrissette. “Ésa es la manera en que se puede obtener dinero a partir de ello, pero en cierta forma le quita un poco de diversión al arte”.

Morrissette aconseja a quienes deseen adoptar el arte en metal como una carrera seria, que usen el internet a su favor.

“La actividad de mayor provecho que usted podría hacer es simplemente ser usted mismo, ponerse frente a la cámara, mostrar su proceso y luego quienes disfrutarán su arte y lo comprarán, lo van a encontrar”, dijo Morrissette. “Diría que enfoque su tiempo. Simplemente diviértase pero trátelo como su empleo. Publicar en redes sociales y ser consistente, y luego aumentar su audiencia y, lo más importante, aumentar su lista de correos electrónicos”.

Un estilo de vida construido con arte

Estos días, Morrissette se enfoca en sus mesas rústicas y en su curso de soldadura. Sus piezas pueden tardar en terminarse de unos cuantos días a un mes, y ése es el atractivo del estilo de vida que se ha construido. Puede crear cuando le llega la inspiración y trabajar cuando le venga bien. Es fácil ver por qué planea seguir por este camino.

Concluye, “mi meta a largo plazo sería continuar construyendo este estilo de vida donde me puedo expresar y hacer arte, y hacer lo que amo mientras que además tengo un impacto en inspirar a otras personas a hacer su propio arte o a ser creativos en su propio ámbito. [WJ](#)”

ALEXANDRA QUIÑONES (aquinones@aws.org) es editora asociada de *Welding Journal*.

Diseño de nuevos productos abrasivos recubiertos

Conozca cómo se desarrollaron las bandas y discos



Las aplicaciones de rectificado de la actualidad requieren abrasivos de larga duración altamente productivos, adecuados para diversos materiales. Para atender estas necesidades, los fabricantes de abrasivos deben investigar, desarrollar e innovar continuamente. Recientemente, los abrasivos han sido llevados a otro nivel con el desarrollo del grano cerámico formado con ingeniería, el cual mejora el desempeño en acero al carbón y en materiales difíciles como el aluminio, el Inconel, el acero inoxidable y el titanio.

Una crónica sobre el desarrollo de los abrasivos arroja luz sobre lo que condujo al desarrollo del nuevo grano cerámico formado con ingeniería. Tradicionalmente, se usaban

ruedas de rectificado con grano de óxido de aluminio fundido para remover soldaduras o biselar partes en acero al carbón. Luego, se desarrolló el grano de zirconia alúmina y los discos de fibra se volvieron los preferidos para la remoción de soldadura. Sin embargo, aún con el grano de zirconia avanzado, se necesitaba mucha fuerza para mantener afiladas las puntas de rectificado, por lo que el grano cerámico entró en escena. El grano cerámico requiere menos fuerza y ofrece una vida más larga del disco. Buscando mejorar aún más el desempeño de los productos abrasivos, se desarrollaron cerámicas y recubrimientos.



Los discos de cambio rápido de desarrollo reciente de la compañía tienen un fuerte refuerzo que resiste la presión al remover material, desbarbar, biselar y rebajar.

El equipo de trabajo importa y las pruebas cuentan

En la búsqueda de aumentar la vida del producto, el ritmo de corte y la eficiencia del rectificado, los expertos en aplicaciones junto con investigación y desarrollo, la fuerza de ventas y los proveedores colaboraron para desarrollar el grano cerámico formado con ingeniería para usarse en productos abrasivos recubiertos.

Primero, el equipo definió los indicadores de desempeño clave con base en las necesidades y deseos del mercado. Los granos cerámicos formados requieren un proceso de manufactura completamente diferente. Por lo tanto, el equipo hizo una lluvia de ideas sobre formas de grano que fueran apropiadas para fabricarse, que fueran procesables en producción de abrasivos recubiertos, y lo más importante, que fueran altamente eficientes en la remoción de metal. Luego las formas favoritas se fabricaron a una escala piloto. Estos granos prototipo se aplicaron rápidamente en arquitecturas

de productos abrasivos existentes. Después de algunos ciclos de evaluación de granos, una forma creada con ingeniería se distinguió con puntas afiladísimas.

Con la forma del grano determinada, el siguiente reto fue diseñar nuevos productos abrasivos recubiertos que optimizarían el desempeño con el grano. El desarrollo del producto constó de muchos ciclos de aprendizaje interactivos para mejorar continuamente el desempeño del producto. El equipo diseñó, fabricó, probó y evaluó prototipos. Lo que se descubrió se usaría para iniciar el siguiente ciclo una vez más: diseñar, fabricar, probar y evaluar. Se evaluaron más de 100 diseños, y surgieron varias patentes, para obtener lo máximo de cada componente de los productos hasta que cumplieran o superaran todos los indicadores de desempeño. El diseño elegido fue probado por muchos clientes, tanto en Estados Unidos como fuera. Después de unos cuantos ciclos más de diseño, los abrasivos tuvieron un grano cerámico formado con ingeniería en discos de fibra, discos de cambio rápido y bandas, y cumplieron los parámetros de desempeño internos.

Recientemente, los abrasivos han sido llevados a otro nivel con el desarrollo del grano cerámico formado con ingeniería, el cual mejora el desempeño en acero al carbón y en materiales difíciles.

Puntos importantes de los granos cerámicos formados con ingeniería

Los nuevos granos abrasivos cerámicos formados con ingeniería han sido formulados para evitar los retos comunes que enfrentan los abrasivos cerámicos convencionales al rectificar materiales difíciles. Optimizar tanto el grano abrasivo como la arquitectura del abrasivo da como resultado una vida más larga, especialmente en materiales difíciles de rectificar, lograda con menos acumulación de calor, mayor eficiencia de corte y una versatilidad más amplia. Cada grano formado con ingeniería es dimensionado de manera precisa a una forma patentada para asegurar un corte uniforme y eficiente y un comportamiento de fractura previsible. Del mismo modo, la forma de estrella única compuesta por cristales de alúmina de alta pureza a nanoescala ayuda al auto-afilado conforme el grano se microfractura durante el rectificado.

En contraste, los granos convencionales tienen comportamiento de fractura imprevisible y son ya sea demasiado romos para evitar la fractura, lo que lleva a erosión de la punta, frotamiento, desafilado y adhesión de virutas metálicas, o son demasiado débiles para fracturarse a la microescala deseada, lo que lleva a fractura imprevisible a gran escala, desgaste rápido del grano y una vida corta del producto abrasivo.

Detalles de la arquitectura

La innovación detrás los productos abrasivos de grano cerámico formado con ingeniería no es sólo el grano formado sino también el diseño optimizado del abrasivo. La arquitectura por capas del refuerzo, resinas, granos y aditivos de rectificado se construyó para impulsar aún más el rectificado eficiente con el grano formado con ingeniería. Los granos se adhieren al refuerzo en una densidad espacial precisa para controlar la fuerza por grano individual. Esta fuerza ajustada por grano lleva a un auto-afilado eficiente, lo que da como resultado una vida más larga a un menor consumo de energía. Para alcanzar por completo la eficiencia tanto del grano individual como del grupo como un todo, una serie

de innovaciones fueron desarrolladas y establecidas por el equipo de trabajo, cubriendo todo desde el diseño del producto hasta la fabricación del producto.

Desempeño del rectificado

Los abrasivos mejoran el confort del operador, permiten una alta productividad y aumentan la eficiencia del rectificado. Combinando un grano auto-afilado, recién creado con una arquitectura de abrasivo diseñado con precisión y la más alta orientación del grano, el grano RazorStar™ ofrece un desempeño ideal del rectificado con bandas, discos de fibra y discos de cambio rápido.

Las bandas son versátiles, capaces de cortar en frío; y adecuadas para automatización, robótica y aplicaciones de remoción de metal manual o con fuente de energía. Son adecuadas para aplicaciones que requieren presión de media a alta donde el objetivo es remover rápidamente una gran cantidad de metal con la menor cantidad posible de bandas abrasivas. El rectificado en frío de la banda es adecuado para aleaciones sensibles y materiales difíciles de rectificar donde debe evitarse la quemadura del metal. La eficiencia del grano para cortar contra material de arado, combinada con el aditivo de rectificado en las capas de recubrimiento de resina, el cual produce lubricación adicional, da como resultado una larga vida de la banda y protege contra la decoloración de la pieza de trabajo.

Los discos de fibra usan la misma tecnología que las bandas y brindan biselado, remoción de soldadura y remoción de material. Los discos de fibra son la solución de mejor nivel, de acuerdo con las clasificaciones de abrasivos de la compañía, que funcionan en soldaduras típicas de acero al carbón y también son adecuados para acero inoxidable, superaleaciones y otros materiales exóticos. Debido al grano formado con ingeniería y a la arquitectura del abrasivo, normalmente se necesita un disco para diversos materiales.

Otra ventaja del comportamiento eficiente del rectificado de los discos de fibra es que los operadores pueden aplicar menos presión a la pieza de trabajo. La reducción de presión además puede prolongar la vida de la rectificadora en ángulo.

En el canal de YouTube de Norton Abrasivos ([youtube.com/@NortonAbrasives](https://www.youtube.com/@NortonAbrasives)), pueden verse videos sobre RazorStar™.

Conclusión

Para concluir, este artículo basado en la tecnología revisa el desarrollo detrás cámaras del proceso de materializar estos productos abrasivos recubiertos desarrollados recientemente. [WJ](#)

Enviado por Norton | Saint-Gobain Abrasives ([nortonabrasives.com](https://www.nortonabrasives.com)), Worcester, Mass.

La seguridad en las operaciones robóticas

Un sistema de soldadura robótica consta de un manipulador; una fuente de poder; una antorcha de soldadura por arco y accesorios; un sistema de alimentación de electrodo; y sistema de desenrollado, circuito de soldadura, protección y control de comunicación; y sistema de puesta a tierra.

Riesgos potenciales

Los riesgos potenciales para el personal por las unidades de soldadura robótica deben eliminarse por diseño mediante protección como guardas y procedimientos de trabajo. Si no se puede eliminar un riesgo ya sea mediante diseño o mediante protección, debe proporcionarse una advertencia contra el riesgo específico.

Las características operacionales de los robots pueden ser significativamente diferentes de otras máquinas y equipo. Los robots son capaces de movimientos de alta energía a través de un gran volumen de espacio, incluso más allá de las dimensiones de base del robot. Todo cambio al objeto que se está trabajando o al ambiente puede afectar los movimientos programados.

Puede requerirse que algún personal de mantenimiento y programación esté dentro del espacio restringido mientras que hay energía para los actuadores. El espacio restringido del robot puede traslaparse con una porción del ambiente restringido de otros robots o zonas de trabajo de otras máquinas industriales y equipo relacionado. Por lo tanto, un trabajador puede ser golpeado por un robot mientras está trabajando en otro, quedar atrapado entre éstos o entre equipo periférico, o ser golpeado por objetos volantes soltados por el sujetador.

Un robot con dos o más programas residentes puede encontrar el programa operativo actual erróneamente llamando a otro programa existente con parámetros operativos diferentes, como velocidad, aceleración, desaceleración o posición dentro del espacio restringido del robot. Esto puede no ser previsible por el personal de mantenimiento o programación que trabaja con el robot. El malfuncionamiento

de un componente también podría causar movimiento y/o velocidad del brazo de robot imprevisible.

También puede haber riesgos adicionales por el malfuncionamiento o por errores en la interfaz o programación de otros procesos o equipo periférico. Los cambios operativos con el proceso que se está llevando a cabo o la falla de bandas transportadoras, mecanismos de sujeción o sensores de proceso, podrían hacer que el robot reaccionara de manera diferente.

Evaluación de riesgos

Antes de que empiece el trabajo con sistemas de soldadura robótica, se requiere que el empleador haga una evaluación de riesgos sobre el sistema de robot de soldadura por arco y equipo auxiliar, para determinar y seleccionar la protección necesaria para lograr y mantener un ambiente de trabajo seguro. La evaluación de riesgos debe cumplir con AWS D16.1, *Specification for Robotic Arc Welding Safety* (Especificación para la seguridad de la soldadura robótica por arco). Debe constar de una descripción de la aplicación, características operativas robóticas, clasificación de robots, categorías de riesgos, análisis de riesgos, documentación y capacitación requerida. El proceso de evaluación de riesgos debe ser llevado a cabo y mantenido por individuos calificados que hayan sido capacitados en la comprensión del diseño de la aplicación de soldadura robótica por arco, metodología de clasificación de robots de soldadura por arco, metodología para identificar características operativas, e información con respecto al uso correcto de los protocolos mínimos de protección. La evaluación de riesgos debe revisarse y actualizarse, de ser necesario, al menos anualmente y siempre que haya cambios en el equipo o en los procesos. La evaluación de riesgos debe estar disponible para ser revisada por cualquier persona en todo momento. Una forma de muestra de evaluación de riesgos puede encontrarse en AWS D16.3:2009, *Risk Assessment Guide for Robotic Arc Welding* (Guía de evaluación de riesgos para soldadura robótica por arco), Anexo C.

Extraído de Welding Handbook, Tenth Edition, Volume 1, Welding Science and Technology, Chapter 17— Safe Practices.

Capacitación

Una vez terminada la evaluación de riesgos, debe hacerse capacitación en el sistema completo, seguridad de los componentes y operación segura. Todos los operadores, personal de mantenimiento, inspectores de soldadura, supervisores de soldadura y personal de seguridad deben recibir capacitación, y ésta debe incluir una revisión de la evaluación de riesgos así como del manual de operación y de la información de seguridad del fabricante. El personal de administración y de ingeniería también puede recibir capacitación según se requiera. Si una evaluación de riesgos se actualiza, todo el personal aplicable debe recibir capacitación actualizada sobre la nueva evaluación de riesgos.

Los robots o sistemas robóticos deben cumplir con las siguientes regulaciones: *Occupational Safety and Health Administration* (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), OSHA 29 CFR 1910.333, *Selection and Use of Work Practices* (Selección y uso de prácticas de trabajo), y OSHA 29 CFR 1910.147, *The Control of Hazardous Energy*

(*Lockout/Tagout*) (El control de energía peligrosa (bloqueo/ etiquetado)), y el personal debe ser capacitado en estos estándares.

El personal que programa, opera, mantiene o repara robots o sistemas robóticos debe recibir capacitación adecuada en seguridad, y deben ser capaces de demostrar su competencia para llevar a cabo sus trabajos de manera segura. Los empleados pueden consultar la publicación de OSHA 2254 (actualizada), *Training Requirements in OSHA Standards* (Requerimientos de capacitación en estándares OSHA).

Además, los empleadores deben brindar capacitación para los operadores, programadores y personal de mantenimiento para ayudarlos a obtener y mantener certificaciones como *AWS Certified Robotic Arc Welding Technician/Operator Program* (Programa para técnico/operador certificado de soldadura robótica por arco). [WJ](#)

WIZARCS

MAX de WIZARCS

Quando la **excelencia** se fusiona con la **innovación** la **precisión** y la **tecnología**, nace la revolucionaria línea de equipos de soldadura:

MAX

Tecnología - Potencia - Rendimiento - Calidad

30 MESES MONTHS GARANTIA WARRANTY

Con presencia en más de 40 países

WIZARCS

WONDER GEL

Gel limpiador y anticorrosivo para acero inoxidable

Buscamos distribuidores ¡contáctenos!

Soldadura tratada Soldadura original

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

BRADFORD DERUSTIT

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



*Hypertherm XPR®
con tecnología de
corte X-Definition®.*

El corte con láser de fibra versus el corte con plasma en la fabricación de metal

Cómo seleccionar la mejor opción para las necesidades de su negocio

En la fabricación de metal, hay varios métodos de corte para elegir, siendo las opciones principales el plasma y el láser de fibra. Aun cuando hay similitudes entre el corte con láser de fibra y el corte con plasma, cada tecnología tiene ventajas, desventajas y características únicas que funcionan mejor con necesidades de negocios y aplicaciones específicas. Algunos factores importantes que se deben considerar al elegir entre el plasma y el láser de fibra son la calidad del corte, el espesor y la condición del material, la inversión inicial, el costo operativo y el mantenimiento.

Variables que se deben considerar

Si les pregunta a diez clientes qué es lo que consideran buena calidad de corte, es probable que obtenga 15 respuestas diferentes. Eso se debe a que no existe una definición

única de lo que significa calidad de corte, y cada fabricante valora aspectos diferentes. Los aspectos comunes incluyen la angularidad del corte (la desviación de la superficie de corte con respecto a la posición paralela al plano de corte), el acabado superficial del borde de corte, la tolerancia del corte en comparación con el dibujo, la capacidad de corte fino, la formación de escoria y el ancho de rendija.

El corte con láser de fibra usa un rayo de luz de alta energía que crea un corte angosto y preciso del material, el cual puede dejar una rendija más delgada y una angularidad baja, lo que lo hace ideal para hacer cortes finos, especialmente para materiales más delgados. De manera similar, la tecnología del corte con plasma produce un gas ionizado de alta energía que forma un arco de plasma para cortar el material. Aun cuando el plasma se ve con frecuencia como un proceso que produce un corte menos preciso, la generación actual de unidades de corte con plasma de alta definición producen una calidad de corte de partes que excede en mucho la mayoría de los requerimientos del cliente y rivaliza con el láser de fibra — Figuras 1 y 2.

Las consideraciones de calidad de corte al elegir entre plasma y láser incluyen las siguientes:

- Los láseres de fibra normalmente producen cortes de rango 1–2 (una medida de angularidad del corte) de ISO 9013, *Thermal cutting* (Corte térmico). El plasma de alta definición usualmente produce cortes de rango 2–4 de ISO. Esto es importante para las compañías que desean partes listas para la soldadura directo de la mesa.
- Los procesos de corte con plasma han sido perfeccionados con los años, produciendo acabados superficiales en bordes de corte que son tersos y rectos con capas mínimas de óxido y escoria. Las partes cortadas con plasma requieren operaciones secundarias mínimas antes de la soldadura. Aun cuando el láser de fibra está mejorando, el acabado superficial del borde de corte con frecuencia es áspero, con escoria y capas de óxido significativas,



Fig. 1 — Acero suave de 1 pulgada cortado con la unidad de corte con plasma XPR300® (arriba) contra una unidad de corte con láser de fibra de 8 kW (abajo).

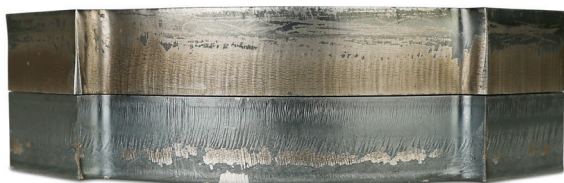


Fig. 2 — Acero suave de 1 pulgada cortado con la unidad de corte con plasma XPR300® (arriba) contra una unidad de corte con láser de fibra de 12 kW (abajo).

especialmente en metales más gruesos, mayores de 12 mm (0.5 pulgadas).

- El láser de fibra produce una rendija más angosta que el plasma, lo cual tiene el beneficio de permitir una utilización de la placa ligeramente mejor y capacidad de corte fino. Aun cuando comúnmente esto sea una ventaja, la rendija delgada puede causar problemas al quitar partes de un nido en placas más gruesas. Para placas gruesas, las partes pueden ser difíciles de quitar del esqueleto y necesitan separarse con martillo.

Repito, es importante pensar detenidamente qué es lo importante en su proceso. Aun cuando la capacidad de angularidad y el tamaño de rendija del láser son persuasivas, el plasma tiene ventajas en la calidad de corte para satisfacer fácilmente la mayoría de los requerimientos del cliente.

El plasma — Campeón en versatilidad

Si visita cualquier taller de fabricación de acero es muy probable que vea racks de material almacenado en diversas condiciones ambientales. Mientras que un metal como éste puede ser difícil de cortar con un láser de fibra, el plasma es el rey absoluto al cortar superficies imperfectas, como aquéllas con pintura, oxidación o cascarilla de laminación. Los procesos con láser de fibra están mejorando con respecto a los materiales imperfectos, sin embargo, todavía requieren ya sea materiales con grado especial, limpieza manual, o un proceso de precorte para vaporizar el recubrimiento. El plasma es muy versátil y puede cortar casi cualquier material conductor, incluso si está herrumbroso o recubierto.

Cuando se trata de comparar el corte con plasma con el corte con láser, algunas cosas adicionales que se deben considerar son las siguientes:

- Herrumbre, cascarilla de laminación y otros contaminantes impactan al láser de fibra y pueden dar lugar a inconsistencias y dificultad del corte.
- Se requieren operaciones de precorte como granallado, lavado químico y otros procesos de limpieza para obtener un corte consistente con láser de fibra.
- Por otra parte, el material que se va a cortar con láser de fibra necesita almacenarse en interior, lo cual podría ocupar espacio en el taller y aumentar los costos.
- Si el material es conductor, el plasma puede cortarlo. Sin importar corrosión, recubrimientos o superficies pintadas, el plasma corta materiales imperfectos de manera confiable.
- La mayor distancia de separación (la distancia entre la pieza de trabajo y la antorcha) del plasma significa que es menos probable que las variaciones o levantamientos del material interfieran con el proceso de corte en comparación con el láser de fibra.

La condición de la pieza de trabajo, con frecuencia pasada por alto, puede afectar drásticamente el tiempo de ciclo para hacer cortes, lo que afecta de manera significativa la pro-

ductividad y los costos totales. El plasma toma la delantera cuando se trata de la versatilidad al cortar material.

Costos y seguridad de los sistemas de corte

Los sistemas de corte con láser de fibra son de dos a cinco veces más caros que las máquinas de plasma comparables, lo que da lugar a periodos más largos de retorno de la inversión. Los sistemas de plasma pueden ofrecer una recuperación de los gastos en dos años o menos, lo que libera dinero para otras inversiones. Aun cuando el láser de fibra con frecuencia corta más rápido y a costos operativos más bajos para materiales delgados, el plasma tiene la ventaja al cortar materiales más gruesos, pues ofrece una productividad mayor y menores costos de operación.

- Aun cuando el láser de fibra es muy eficiente al cortar metales delgados, los costos operativos del plasma son más bajos una vez que los espesores de corte llegan al intervalo de 12 a 25 mm (0.5 a 1 pulgada).
- Muchas de las diferencias en los costos operativos son regidas por el costo del consumo de gas y electricidad. Los procesos de corte con plasma han sido refinados y perfeccionados con los años, mientras que el láser de fibra sigue poniéndose al día. Ya sea por cuestión de los costos operativos directos o por el impacto ambiental del uso de electricidad y de gas, el plasma es el campeón para metales más gruesos.
- El láser de fibra requiere recintos y manejo de material por cuestiones de seguridad. Este costo fijo hace que la inversión inicial sea mucho más alta.
- Aun cuando el manejo de material a veces es visto como una ventaja para el láser de fibra, las mesas de plasma pueden lograr el mismo rendimiento mediante la ampliación de la cama de corte, lo que brinda la misma productividad a un costo menor.

Depende de los negocios evaluar sus restricciones de presupuesto, incluyendo la inversión inicial, los costos operativos y el retorno potencial de la inversión con el tiempo.

Ahorro de tiempo y de dinero

El láser de fibra tiene menos partes consumibles pero mayores costos de mantenimiento debido a la complejidad de la cabeza de corte y componentes de control de movimiento. Los sistemas de plasma son robustos, con frecuencia trabajando en los ambientes industriales más severos, mientras que los láseres de fibra pueden requerir reparación sólo en centros de servicio autorizados.

- Los sistemas de láser de fibra son más sensibles a los ambientes de taller sucios en comparación con los sistemas de plasma. Los contaminantes en el ambiente pueden afectar a los componentes ópticos y a los accionamientos de precisión, lo que reduce la exactitud del corte y el tiempo productivo. La limpieza y el mantenimiento regulares son cruciales para que los sistemas de láser de fibra mantengan su desempeño.

- Los sistemas de plasma son menos complejos y más robustos, lo que permite mantenimiento sencillo en sitio. El plasma es más adecuado para ambientes de trabajo severos.
- El atractivo de los fabricantes de láseres de bajo costo con frecuencia viene con costos ocultos. Estas compañías normalmente mantienen los costos bajos ofreciendo servicio limitado. Inicialmente es atractivo pero puede implicar tiempo improductivo cuando el sistema láser se avería.

Aun cuando siempre es importante hacer mantenimiento regular en un sistema de corte para un desempeño óptimo, el plasma generalmente es mucho más robusto y tolerante en ambientes severos.

Conclusión

En resumen, considere los requerimientos específicos de sus proyectos de fabricación de metal, incluyendo tipos de material, espesores, volúmenes de producción y calidad de

acabado deseada, cuando decida entre el láser de fibra y el plasma. Aun cuando hay similitudes entre las dos tecnologías, ambos métodos tienen características únicas que funcionan mejor para aplicaciones específicas.

El corte con láser de fibra se prefiere normalmente para materiales con espesor de delgado a medio que requieren alta precisión y excelente calidad de borde, mientras que el corte con plasma es más adecuado para materiales más gruesos y aplicaciones donde se prioriza el costo-efectividad y la velocidad de corte. Al final de cuentas, la mejor opción depende de sus necesidades específicas, de su presupuesto y de sus requerimientos de producción. Consultar a un proveedor conocedor o a un experto de la industria también puede ayudar a tomar una decisión informada. [WJ](#)

KRIS RICH (kristopher.rich@hypertherm.com) es director de mercadeo, sector industrial pesado, Hypertherm Associates, Hanover, N.H.

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 1800-848-2719
www.cor-met.com | sales@cor-met.com



CÓMO SUPERAR LA FORTALEZA DE SOLDADURAS CIRCUNFERENCIALES EN TUBERÍA

POR WILLIAM A. BRUCE Y RUSSELL SCOLES

En un artículo previo de *Welding Journal* (Ref. 1), se describieron varias fallas de soldadura circunferencial en tuberías recién construidas a campo traviesa. Estas fallas ocurrieron en tuberías construidas usando métodos de soldadura convencional de tuberías de estufa (es decir, electrodos tipo AWS EXX10 con recubrimiento celulósico) a niveles de esfuerzo global relativamente bajos ya sea durante el ensayo por presión hidrostática previo a la puesta en servicio o ya en funcionamiento inmediatamente después de que se pusieron en servicio las tuberías. Algunas de estas fallas se atribuyeron a una resistencia de la soldadura insuficiente y/o a ablandamiento de la zona afectada por el calor (HAZ,

por sus siglas en inglés) en lo que de otra manera serían consideradas soldaduras circunferenciales aceptables de acuerdo con los códigos y estándares aplicables.

Antecedentes

Una regla fundamental de la ingeniería de soldadura es que, en general, la resistencia de una soldadura debe ser mayor a la resistencia de los materiales base que se están uniendo. A veces esto se interpreta como que la resistencia de la soldadura debe ser mayor que la resistencia mínima




Foto cortesía de Lincoln Electric/Enbridge.

Una guía para evitar fallas de soldadura circunferencial en tuberías recién construidas

especificada de los materiales base que se están uniendo. Con frecuencia no hay requerimientos para que la resistencia de la soldadura sea mayor que la resistencia real de los materiales base que se están uniendo. Debido a que no hay requerimientos para exceder la resistencia real de los materiales base en la mayoría de los códigos y estándares industriales usados en el mundo para la construcción de tuberías, debe usarse el buen juicio de ingeniería para elegir los criterios de aceptación apropiados para el ensayo de tracción durante la calificación del procedimiento. Para muchas aplicaciones, los criterios de aceptación deben estar arriba de los requerimientos mínimos en el código o estándar aplicable.

Las tendencias industriales recientes que han contribuido a las fallas en la soldadura circunferencial de tubería incluyen niveles de resistencia para tubo de conducción tal como se recibió hacia el límite superior del rango aceptable en la Especificación API 5L: 2018, *Line Pipe* (Ref. 2), el uso de una estrategia de aleación para el tubo de conducción que resulta en una composición química muy delgada que aumenta la probabilidad de ablandamiento de la HAZ, el uso de electrodos con resistencia insuficiente para soldadura de pasada de raíz, y el uso de electrodos con recubrimiento celulósico en general para soldadura de pasada intermedia y de cubierta. Las medidas que pueden tomarse a corto plazo para evitar estas fallas se describieron en el artículo previo. Desde entonces, se ha progresado mucho en la implementación de estas y otras medidas, y el progreso se describe en este artículo de seguimiento.

Áreas de mejora

La industria de la tubería en Norteamérica, y en particular, la compañía operadora de tuberías Enbridge, en Houston, Texas, implementó medidas en varias áreas para mitigar estas fallas por soldadura circunferencial con bajo esfuerzo global (Ref. 3). Estas áreas incluyen prácticas de abastecimiento de tubos de conducción y prácticas de soldadura circunferencial. Estas medidas tienen el propósito de controlar o limitar la resistencia del material de los tubos de conducción, aumentar la resistencia del metal de soldadura y minimizar el ablandamiento de la HAZ.

Abastecimiento de tuberías de conducción

En términos de prácticas de abastecimiento de tuberías de conducción, Enbridge ahora requiere ensayo de tracción del material de las tuberías en la dirección longitudinal en sus especificaciones de compra de material para tuberías, mientras que API 5L actualmente requiere ensayo de tracción sólo en la dirección circunferencial para tuberías de conducción de diámetro más grande. La compañía operadora de tuberías también especifica niveles máximos permisibles de cedencia a la tracción final en la dirección longitudinal que son no más de 17 y 22 ksi (117 y 152 MPa), respectivamente, arriba de los valores mínimos especificados para material de tubería de conducción de Grado X70 y de Grado X65. Por ejemplo, la compañía operadora de tuberías requiere una resistencia máxima permisible a la tracción final y a la cedencia para material de tubería de conducción Grado X70 de 87,300 y 99,700 lb/in.² (602 y 722 MPa), respectivamente. Esto es menos que la resistencia máxima permitida a la tracción final y a la cedencia por API 5L para material de tubo de conducción Grado X70 de 92,100 y 110,200 lb/in.² (625 y 760 MPa), respectivamente.

Además, la compañía operadora de tubería especifica límites de composición química del material del tubo de conducción en sus especificaciones de compra de material para tubo para controlar y/o limitar el ablandamiento en la HAZ. Estos límites incluyen un contenido de carbón no menor a 0.040% y un carbón equivalente Pcm no menor de 0.140%.



Capacitación de soldadores en el uso de electrodos descendentes bajos en hidrógeno. Foto cortesía del Lincoln Electric/Enbridge.

El intento de especificar límites de composición química mínimos es evitar la pérdida de resistencia que ocurre debido a que la HAZ de una soldadura circunferencial no está sujeta a enfriamiento acelerado o rolado de control, ambos de los cuales contribuyen a la resistencia en el material moderno de tubería de conducción.

Prácticas de soldadura circunferencial

Las medidas implementadas por Enbridge con el fin de aumentar la resistencia del metal de soldadura para materiales de tubo de conducción con mayor resistencia (Grado X65 o mayor) incluyen el uso de electros de mayor resistencia para soldadura de pasada de raíz, y restringir y/o eliminar el uso de electros con recubrimiento celulósico para soldadura de pasada intermedia y de cubierta. Se han usado tradicionalmente electrodos de baja resistencia (por ejemplo, E6010) para soldadura de pasada de raíz para controlar el riesgo de agrietamiento por hidrógeno en la HAZ de materiales de tubos de conducción con carbón equivalente más alto. Ahora que el tubo moderno de conducción de alta resistencia tiene una composición química mucha más limpia y en consecuencia una resistencia alta al agrietamiento por hidrógeno en la HAZ, los electrodos de resistencia similar ahora son apropiados para la soldadura de pasada de raíz. Recientes pruebas han demostrado que los electrodos E8010 son aceptables para soldadura de pasada de raíz en tubo de conducción Grado X70 en términos de operatividad (es decir, calidad de la pasada de raíz), resistencia al agrietamiento por hidrógeno y una mejora en el nivel de resistencia global de la soldadura

circunferencial (Ref. 4). Puede requerirse cierta capacitación de los soldadores debido a que los electrodos E8010 tienden a producir un arco ligeramente más suave que los electrodos E6010. Desde el punto de vista de la resistencia de la soldadura, el uso de electrodos de mayor resistencia para soldadura de pasada de raíz es particularmente útil para materiales de pared más delgada (por ejemplo, 0.500 pulgadas y menores), donde la pasada de raíz representa una porción mayor del espesor de la soldadura.

Para soldadura de pasada intermedia y de cubierta, los electrodos E8010 tienen dificultad en igualar la resistencia longitudinal del material moderno de tubo de conducción Grados X65 y X70, y se ha sabido que el uso de electrodos con recubrimiento celulósico con un nivel de resistencia mayor que el de los electrodos E8010 produce un riesgo significativo de agrietamiento por hidrógeno en el metal de soldadura para todas las tuberías excepto las de pared relativamente delgada (0.250 pulgadas y menores) construidas en terreno relativamente plano y climas cálidos. Por estas razones, la compañía operadora de tuberías ha optado por el uso de consumibles de soldadura bajos en hidrógeno y/o procesos con mayor resistencia del metal de soldadura para soldadura de pasada intermedia y de cubierta. La opción preferida en esta área para soldadura manual es el uso de electrodos descendentes bajos en hidrógeno (por ejemplo, E9045). Para aplicaciones donde la mecanización es apropiada, la opción preferida es el uso de soldadura por arco con alambre con electrodo de fundente protegida con gas (FCAW-G, por sus siglas en inglés) con un nivel de resistencia de consumible E91T1 como mínimo. Ambas opciones de procedimiento de soldadura normalmente especifican el uso de electrodos E8010 para soldadura de pasada de raíz.

Calificación del procedimiento de soldadura

Puede usarse calificación del procedimiento de soldadura para demostrar que los procesos de soldadura, consumibles y parámetros de soldadura seleccionados son capaces de producir soldaduras circunferenciales aceptables. Lo aceptable en el contexto actual incluye exceder la resistencia donde el metal de soldadura depositado tiene una resistencia (elasticidad y tracción) que coincide o supera la resistencia real del material del tubo y no hay un ablandamiento significativo de la HAZ. Aun cuando no haya requerimientos para que la resistencia real de la soldadura exceda la resistencia real del material del tubo en la mayoría de los códigos y estándares industriales usados en el mundo para la construcción de tubería, deben incorporarse requerimientos complementarios en los documentos de los contratos de construcción, cuando sea práctico, como por ejemplo para proyectos de construcción grandes que requieran calificación del procedimiento de soldadura en el tubo del proyecto real (no sólo en tubo del mismo grado) y fallas del ensayo de tracción de soldadura cruzada que ocurran en el material base lejos de la soldadura. Aun cuando no siempre sea práctico, la longitud del tubo seleccionado para calificación del procedimiento de soldadura debe estar idealmente en el límite superior de la distribución de resistencia para el tubo entregado para el proyecto.

Cuando se usa tubo del proyecto para calificación del soldador al inicio de un proyecto, el ensayo de tracción de soldadura cruzada brinda otra oportunidad de probar la resistencia en exceso cuando ocurren fallas en el material base lejos de la soldadura.

Capacitación del soldador

La capacitación del soldador en el uso de electrodos descendentes bajos en hidrógeno tiende a ser necesaria para soldadores que no están habituados a soldar descendentes usando electrodos con recubrimiento celulósico. Las diferencias en técnica entre ambos incluyen la necesidad de niveles más altos de corriente y velocidades de viaje más rápidas. Otras diferencias incluyen técnicas de iniciación del arco, ángulos del electrodo requeridos, limitaciones de longitud del arco, técnicas para interrumpir el arco, rectificado de inicios/paradas, y prácticas de almacenamiento de electrodos bajos en hidrógeno. Las mayores velocidades de viaje y el control más estrecho de los parámetros de soldadura tienden a dar lugar a niveles reducidos de entrada de calor en comparación con el uso de electrodos con recubrimiento celulósico, un efecto que ayuda a evitar el ablandamiento de la HAZ.

Implementación en el campo/ aceptación industrial

La experiencia reciente ha demostrado que el uso de electrodos E8010 para soldadura de pasada de raíz seguida por soldadura de pasada intermedia y de cubierta usando ya sea electrodos descendentes bajos en hidrógeno o FCAW-G

mecanizada, son opciones viables en términos de nivel resultante de resistencia de la soldadura circunferencial y aceptación industrial.

La aceptación entre los contratistas norteamericanos empieza con una explicación clara de lo que está llevando a la necesidad de utilizar consumibles con mayor resistencia y prácticas de soldadura con una menor entrada de calor. El soporte técnico adicional y el compromiso de las compañías operadoras de tuberías son clave para fomentar este cambio. La falta de experiencia con alternativas a las prácticas antiguas de soldadura de tubería de estufa genera el riesgo de un aumento en las tasas de reparación, interrupciones de la producción e impactos comerciales, todo lo cual puede crear incomodidad desde la perspectiva del contratista. La capacitación de los soldadores es crítica para mitigar estos riesgos. Muchas de las numerosas organizaciones de contratistas y fabricantes de electrodos están empezando a modernizar sus programas de capacitación para atender estos cambios.

Debe observarse que ninguna de las fallas de tubería recientes ha implicado soldaduras circunferenciales hechas usando equipo de soldadura por arco con electrodo de metal protegida por gas (GMAW) mecanizada, la cual es la opción evidente para la igualación de la resistencia de la soldadura circunferencial cuando el tamaño del proyecto justifica el gasto. Muchos proyectos de diversos tamaños no justifican el uso de soldadura mecanizada y son más adecuados para el uso de procesos híbridos (soldadura manual o semiautomática de pasada de raíz o de segunda pasada seguida por pasadas intermedias y de cubierta de FCAW-G mecanizada). Éste es un paso excelente hacia la mecanización total sin grandes impactos en las prácticas de construcción convencionales cuando se usa una cuadrilla de tendedores de tubo de lado frontal, biseles de soldadura de preparación en V, y ensayo radiográfico convencional o inspección radiográfica digital/en tiempo real. La soldadura de pasada de raíz, usando GMAW con fuentes de poder de forma de onda, también está siendo evaluada, y aplicada en algunos casos, para aplicaciones de tubería a campo traviesa.

El uso de electrodos E8010 para soldadura de pasada de raíz seguidos por electrodos ascendentes bajos en hidrógeno (por ejemplo, tipo EXX19) para soldadura de pasada intermedia y de cubierta no es una de las primeras preferencias, pero Enbridge pone ésta disponible para contratistas/soldadores que prefieran soldadura ascendente baja en hidrógeno. Debe observarse que con frecuencia se necesitan medidas adicionales de vigilancia y control durante la calificación del procedimiento de soldadura y la soldadura de campo para evitar ablandamiento de la HAZ debido a niveles excesivamente altos de entrada de calor al soldar ascendentemente debido a las velocidades de viaje en principio bajas.

Áreas para mejora adicional

Además de las medidas principales con el fin de controlar o limitar la resistencia del material de los tubos, aumentar la resistencia del metal de soldadura, y minimizar el ablandamiento de la HAZ, debe ponerse especial atención al control de calidad durante las actividades de construcción de la tubería para asegurarse de evitar los esfuerzos excesivos de tensión axial y/o de doblado. Esto incluye asegurar que

el perfil de la columna de tubos concuerde con el perfil de la zanja durante las operaciones de doblado en campo, y brindar soporte adecuado del tubo para que no ocurran esfuerzos axiales después de bajarlo del suelo a un terreno no plano y en puntos de inflexión.

Conclusión

El uso de soldaduras circunferenciales de resistencia igualada evita la acumulación de esfuerzos longitudinales en la región de soldadura, la cual es una concentración natural de esfuerzos y es más probable que contenga imperfecciones que el material del tubo. Igualar la resistencia en este contexto significa resistencia del metal de soldadura depositado que iguala o supera la resistencia real (cedencia y tracción) del material del tubo de conducción sin ablandamiento significativo de la HAZ. Esto es más importante para tuberías de diámetro grande construidas usando materiales modernos de tubo de conducción de alta resistencia, particularmente aquéllos en terreno montañoso o sujeto a hundimiento u otras formas de deformación del terreno. [WJ](#)

Reconocimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a todos los soldadores, contratistas y organizaciones de contratistas, personal de inspección de campo, laboratorios de ensayos mecánicos,

fabricantes de consumibles y demás personas e instituciones involucradas durante los últimos cuatro años de progreso continuo hacia el futuro de la construcción de tuberías en tierra. La gente en el terreno es crítica para el éxito. Los autores también desean expresar su reconocimiento a Steve Rapp de Enbridge y Ken Lee, Melissa Gould, y Matt Boring de DNV, por sus contribuciones a este raudal de trabajo y a este artículo.

Referencias

1. Bruce, W. A. 2019. Pipeline girth weld strength matching requirements. *Welding Journal* 98(10): 56–60.
2. API Specification 5L:2018, *Line Pipe*.
3. Interstate Natural Gas Association of America, Electronic References. Retrieved January 8, 2024, from ingaa.org/x70-jip-enhanced-girth-weld-performance-for-newly-constructed-grade-x70-pipelines.
4. Lee, K., Bruce, B., and Gould, M. 2022. Evaluation of higher strength E8010 pipe root pass welding. *Proceedings of the ASME 2022 13th International Pipeline Conference (IPC 2022)*, paper no. IPC2022-87295. Calgary, Alberta, Canada.

WILLIAM A. BRUCE (bill.bruce@dnv.com) es consultor principal sénior, tecnología de soldadura, en DNV, Dublin, Ohio. **RUSSELL SCOLES** (russell.scoles@enbridge.com) es ingeniero especialista sénior en soldadura, ingeniería en integridad de tuberías, en Enbridge, Houston, Tex.



Proveedor de Soluciones

Para sus soluciones en soldadura, corte y control de gas

Equipos de Soldadura y Corte
Reguladores para Gases Comprimidos
Antorcha de Corte /Puntas de Corte
Sistemas de Control de Gases Múltiples
Colectores, Conmutadores



@genstartech

909.606.2726 | info@genstartech.com | gentec.com





American Welding Society®

Agentes de la AWS en México para Seminarios y Exámenes



Para más información



Capacitación y Pruebas

No Destructivas de México, CDMX

Teléfono: (55)5537-3306

claudia.alanis@capacitacionypnd.com

www.capacitacionypnd.com

Corporación Mexicana de Investigación

Salltillo, Coahuila

Teléfono: 844-4113200 EXT. 1212

Email: gibarra@comimsa.com

www.comimsa.com.mx

DALUS

Monterrey/Apodaca, NL

Teléfono: 81-8386-1717

Email: info@dalus.com

www.dalus.com

Instituto de Soldadura y Tecnologías de Unión (ISTUC)

El Marqués, Querétaro

Teléfono: 442-2201486

Email: daniel.rojas@istuc.com

www.istuc.com

Twilight S.A. de C.V.

Monterrey, NL

Teléfono: 81 81 15 1400

Email: cursos@twilight.mx

www.twilight.mx

aws.org/certification

La fundición arroja nueva luz sobre las **APLICACIONES DE COBOTS**

*Un estudio de caso muestra los
beneficios de la automatización
manos libres mediante cobots*

Tratar de reducir un atraso de pedidos abiertos en una era de escasez de talento de soldadura puede hacer que un ingeniero de soldadura se sienta como un hombre ahogándose que usa botas de cemento. Afortunadamente, los cobots pueden ser un salvavidas, incluso en aplicaciones donde ya se había descartado la automatización.

“Las fundiciones son un reto totalmente diferente en comparación con partes maquinadas o cortadas con precisión, dijo Austin Horner, ingeniero en jefe de PDU Inc., Spokane, Washington, una subsidiaria local de Travis Pattern & Foundry. “La naturaleza inherente del proceso de fundición y la remoción de compuertas y elevadores crea inconsistencias dimensionales de una parte a otra. Debido a esto, anteriormente no habíamos considerado la automatización de la soldadura. Ahora, con nuestro nuevo cobot y fijaciones asociadas, podemos soldar ocho partes en más o menos el mismo tiempo que tardábamos en soldar una parte a mano”.

El cuello de botella de la soldadura

Travis Pattern & Foundry y PDU Inc. son conocidas en todo Estados Unidos como proveedores de conectores de subestaciones eléctricas. Fundada en 1922 por Paul N. Travis, la fundición propiedad de la familia y PDU operan desde un campus de 170,000 pies cuadrados (casi 15,800 metros cuadrados) en Spokane. Las líneas de productos adicionales incluyen interruptores de desconexión, equipo de puesta a tierra portátil y sistemas de irrigación. Durante la pandemia,

PDU tuvo un aumento de pedidos debido a que era una de las pocas compañías que podía entregar productos puntualmente. Sin embargo, el éxito trajo consigo problemas por el crecimiento, y la soldadura creó un cuello de botella.

Un soporte de barra típico para la línea de productos estándar de la compañía (230 KV y menos) se hace de aluminio fundido A356 que va de $\frac{3}{8}$ a $\frac{5}{8}$ de pulgada de espesor. El soporte tiene una base circular con un diámetro de 3–5 pulgadas, ocho agujeros para rotación y ajuste angular, y dos juegos de ganchos de aluminio o anillos para asegurar un aislante a una barra rígida.

Los ganchos o anillos se conectan a la base con un arreglo de lengüeta y ranura. Hay un espacio de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6 mm) que llenar (parecido a una soldadura de enchufe), y la mayoría de las soldaduras van de 3 a 4 pulgadas (7.6 a 10 cm) de largo. Antes del cobot, un operador sujetaría manualmente las partes, verificaría la cuadratura, puntearía las partes, verificaría por segunda ocasión, y luego haría dos pasadas de soldadura usando un alambre de soldadura de aluminio 4043 de $\frac{3}{64}$ de pulgada. El tiempo total de ciclo era de tres a cinco minutos por parte. Sin embargo, a ese ritmo, el atraso de pedidos abiertos seguiría creciendo.

Use sus manos

Afortunadamente para PDU, el equipo de soporte de su distribuidor en la ubicación de Spokane de OXARC estaba en el proceso de convertir a los cobots en parte de su inventario estándar. Tom Trotter, un técnico de inventario gestionado por el vendedor en OXARC, proveedor de componentes industriales y soldadura, y ex-empleado de Travis Pattern, confiaba tanto en que una nueva línea de cobots funcionaría para fundiciones que invitó a Horner para una demo inmediatamente después de haber visto una.

“La facilidad de operación simplemente hizo que se esfumara toda noción preconcebida”, dijo Trotter.

El representante de ventas independiente de OXARC Kyle James explicó que “en lugar de un control colgante para programar el cobot, los operadores usan una app intuitiva de teléfono inteligente junto con lo que se denomina un *smart puck*”.

Ubicado arriba de la antorcha, el *smart puck* tiene dos botones. Presionar el botón “*move*” (mover) le permite al operador mover manualmente la antorcha a su posición. Presionar el botón “*teach*” (enseñar) registra un punto de soldadura, el cual luego se transmite por internet y es registrado por la app.

Después de la demostración inicial, OXARC pactó una segunda demo en PDU, donde el gerente de automatización del proveedor dio un día de capacitación y soldó en



“Los dos puntos clave de venta para el cobot fueron el tener la capacidad de usar las manos para hacer ajustes rápidos de antorcha y la facilidad de hacer cambios de programa sobre la marcha”, dijo Austin Horner, ingeniero en jefe de PDU Inc., una filial local de Travis Pattern & Foundry.

Los miembros del equipo de soldadura de Travis Pattern son (al frente, de izquierda a derecha) el operador de cobot Ernest Hayward, el ingeniero de soldadura Austin Horner, el técnico Tom Trotter, el gerente de contabilidad de ESAB Tim Gould y (atrás, de izquierda a derecha) el ingeniero en diseño mecánico Patrick Frome, el ingeniero en soldadura Kyle James y el jefe de soldadores Austin Mauget.



las partes reales implicadas. Dos semanas después, Horner hizo un pedido.

“Los dos puntos clave de venta para el cobot fueron el tener la capacidad de usar las manos para hacer ajustes rápidos de antorcha y la facilidad de hacer cambios de programa sobre la marcha”, dijo Horner.

La solución de PDU, el Cobot de ESAB, consta de una fuente de poder de 500 A para soldadura por arco pulsado con electrodo metálico protegida con gas (GMAW), un alimentador de alambre con líneas sinérgicas programadas en fábrica, una antorcha enfriada con agua, un brazo de cobot Universal Robots UR10e, una mesa de soldadura y la app de software.

Austin Mauget es el jefe de soldadores de Travis Pattern y tiene más de 18 años de experiencia en soldadura. Dijo que “la soldadura robótica ha avanzado un largo camino con la creación del soldador cobot. El procedimiento de configuración amigable con el usuario es clave para el éxito del cobot en la producción de Travis Pattern.

Una interacción más rápida

Para crear una trayectoria de soldadura, el operador toca un icono “add new part” (agregar nueva parte) en la app y crea un nombre de parte. Luego la app despliega menús para seleccionar y establecer las variables del proceso y de la aplicación, las cuales incluyen las siguientes:

- Tipo de soldadura (lineal, radial, por puntos, por tramos, rotatoria)

- Información requerida para establecer una línea sinérgica: proceso de soldadura (GMAW pulsado o estándar), tipo y espesor del material, tipo y diámetro del metal de relleno, y gas de protección.
- Velocidad de viaje de la antorcha, compensación de proyección, tiempo de inicio de arco, tiempo de permanencia, y un patrón de hilvanado o entretejido triangular.

Después de introducir esta información, el operador usa el *smart puck* para registrar puntos y crear una trayectoria de soldadura.

Pueden guardarse variables sólo para una parte, o éstas pueden usarse para crear una biblioteca para especificaciones de procedimientos de soldadura usados frecuentemente. Ajustar variables es tan fácil como tocar la función “*edit this part*” (editar esta parte), seleccionar el punto o puntos de soldadura que se van a editar y hacer el cambio.

“Ejecutamos infinidad de pruebas para encontrar la combinación óptima de parámetros”, dijo Horner. “No podría



La capacidad de programar fácilmente un patrón entretejido ayudó a atender problemas de ajuste.

imaginar hacer todas las interacciones que hicimos en algo más”.

Patrick Frome, ingeniero en diseño mecánico de PDU, observó que hay 48 variaciones sólo para los dos soportes de barra de mayor venta de PDU. “Sabíamos que iba a haber interacciones constantes de nuestros programas”, dijo. “Hicimos alrededor de 200 interacciones en el curso de tres meses, algo sumamente rápido en el mundo de la manufactura. Probando diferentes combinaciones de variables de cobot y soldadura, obtuvimos el mejor balance de calidad de la soldadura, consistencia y velocidad”.

Una rapidez de locura

El programa de soldadura “base” para los soportes de barra usa el proceso de GMAW pulsada, un electrodo 4043 de $\frac{1}{16}$ de pulgada (un diámetro más grande que el que se usó anteriormente), y un patrón de entretejido para crear una soldadura de $\frac{3}{4}$ de pulgada de ancho. La velocidad de viaje es de 15 pulgadas (38 cm)/minuto.

“El tiempo total para soldar dos pasadas es de alrededor de 25 segundos, lo que es una rapidez de locura comparado con tiempos de 3 a 5 minutos por parte”, dijo Horner. “Agregar un cobot además nos da la oportunidad de revisar las fijaciones, lo cual mejora aún más nuestro proceso”.

Travis Pattern tiene un taller de máquinas completo en sitio, y Frome trabajó con ellas para crear una fijación para sujetar una sola parte. “El diseño de la fijación necesitaba ser modular para aceptar todas las configuraciones de parte sin necesidad de herramental separado para cada tamaño

de gancho o anillo para el soporte de barra”, dijo Frome. “La fijación también necesitaba adaptarse al movimiento natural del operador para facilidad de uso y menor tiempo de cambio”.

Los cobots son sumamente capaces de producir movimientos de manera repetida y exacta virtualmente sin alteraciones de la tolerancia. En cuanto a las partes fundidas, se sacrifica un poco de consistencia y tolerancia de una parte a otra.

“No puede haber inconsistencias en cómo se presenta la parte al cobot”, observó Frome. “Con las funciones, cada parte tiene una tolerancia ligeramente diferente en comparación con la pieza maestra. Sin embargo, tenemos una tolerancia constante en la sujeción en sí. Entonces, diseñé la fijación para sujetar la parte del soporte de barra que ofrece las dimensiones más consistentes.

Con una fijación que sujeta una sola parte, el cobot redujo el tiempo de ciclo a 90 segundos, con respecto a un tiempo entre tres y cinco minutos.

“En los primeros cuatro meses desde que el cobot fue entregado, PDU recortó 16% su tasa de pedidos abiertos y está ganando terreno cada día”, dijo Horner. “En noviembre de 2023, instalamos dos juegos de fijaciones que sujetaban ocho partes. Tenemos una segunda mesa, por lo que el operador puede descargar partes en un lado mientras que el cobot suelda en el otro. El tiempo de producción para ocho partes en la nueva fijación es 5 minutos continuos y sin tiempo improductivo”.

Con un aumento en la productividad de la soldadura de 500% o más, la tasa de pedidos abiertos en los soportes de barra más vendidos pronto será un problema del pasado. Para

Como resultado de las velocidades de viaje de soldadura más rápidas, de la calidad consistente de la soldadura y de las nuevas fijaciones, el cobot le permitió a Travis Pattern aumentar su productividad de 500 a 800%.





“Desde que acepté el puesto de operador de cobot, he avanzado más en mi comprensión y en mi relación con la soldadura, lo que agrega una importante ventaja a mi conjunto de destrezas”, dijo el operador de cobot Ernest Hayward.

una mayor mejora, PDU cambió de carretes de 12 pulgadas de diámetro de alambre de $\frac{3}{64}$ de pulgada a tambos de 311 libras (141 kilogramos).

“Los operadores anteriormente se acababan un carrete al día”, dijo Horner. “Cambiar a tambos ha estado funcionando muy bien, ahorrándonos 15-20 minutos de cambio al día”.

El tiempo productivo agregado equivale a producir 24-30 soportes de barra más por día. Además, el alambre de $\frac{1}{16}$ de pulgada de diámetro mejora la facilidad de alimentación y llena la unión más rápido (una característica que ayuda a mitigar los problemas por entrada de calor), y cuesta menos por libra.

Selección de un operador

Para operar el cobot, Horner y Frome seleccionaron a Ernest Hayward. Aun cuando él no tenía experiencia en soldadura, es un empleado de mucho tiempo de la compañía que trabajó en empaquetado y anteriormente tenía experiencia en verter fundiciones para el departamento de moldes permanentes. Debido a que sabe cómo evaluar fundiciones y soportes de barra terminados, actúa como una compuerta importante de control de calidad.

“Al principio tuve mis dudas, pero estaba equivocado”, dijo Hayward. “Quedé sorprendido por la facilidad de uso al operar el cobot. Desde que acepté el puesto de operador, he avanzado más en mi comprensión y en mi relación con la soldadura, lo que agrega una importante ventaja a mi conjunto de destrezas”.

“Cuando contemplamos la automatización, nuestra meta principal era acelerar la producción, pero también queríamos quitar esta parte sencilla y repetitiva de las placas de nuestros soldadores, dijo Horner. “Nuestros productos de voltaje más alto son más intrincados y requieren más tiempo”, dijo Mauget. Agregar un cobot dejó libres a nuestros tres operadores de soldadura para trabajar en proyectos de más valor, y creó una nueva oportunidad de trabajo para Ernest”.

“Concluyo que el cobot de ESAB puede ser sumamente eficiente en un ambiente de producción”, dijo Mauget. Su configuración amigable con el usuario le permite ser operado por un trabajador que nunca ha soldado antes. Puede ser configurado en minutos con poca capacitación y ponerlo a producir soldaduras satisfactorias”. [WJ](#)

DAN COLVIN (dan.colvin@esab.com) es vicepresidente de soluciones digitales y robóticas de ESAB, North Bethesda, Maryland.

***VEA LA TECNOLOGÍA QUE
REVOLUCIONÓ EL PLASMA.***



La tecnología de plasma X-Definition® de Hypertherm representa el avance más significativo en la tecnología de corte mecanizado que haya habido jamás. Con sus capacidades ampliadas y calidad de corte mejorada, XPR® le mostrará el plasma como jamás lo ha visto antes. **Más información en Hypertherm.com/X-Definition.**

 **HYPERTHERM®**
A Hypertherm Associates Brand

Un ejemplo visual de una parte cortada con láser diseñada para una soldadura más fácil.

POR BRETT THOMPSON



LÁSERES:

¿lo más adecuado para soldadura?

Para muchos fabricantes, el láser se ha convertido en la herramienta por omisión para una soldadura más fácil

Para muchos (o la mayoría) de los fabricantes, el láser se ha convertido en la herramienta por omisión para crear piezas de chapa metálica. Las ventajas son tan obvias como abundantes: alto rendimiento, geometría flexible, alta exactitud, bajos costos de operación, ningún requerimiento de herramental, etc. Los efectos corrientes abajo también son un bonus. Aun cuando un chorro de agua produce una condición ideal del borde, es lento y caro de operar. Una punzonadora o torreta puede lograr un alto rendimiento y ofrece el beneficio adicional de permitir operaciones de formado, pero puede que tengan que eliminarse las marcas indicadoras antes de la soldadura. El plasma es excelente para cortar fácilmente trozos gruesos de metal, pero la exactitud y los contornos finos son algo difícil. El corte láser combina los beneficios de otras tecnologías de corte y los mete en un solo paquete, avanzando a la velocidad de la luz.

Beneficios del corte láser para los soldadores

El corte láser es benéfico para la soldadura. Asegurarse de que las dos partes que está tratando de unir se produzcan de manera exacta y limpia es indispensable, y ése es el truco de una máquina de corte láser. En muchos casos, la limpieza de un corte por fusión es algo absolutamente necesario para asegurar que la soldadura no tenga contaminación que cause picadura y, en consecuencia, falla de la soldadura. Aun cuando estas cosas pueden ser obvias, quizás sea menos conocido que el láser puede usarse tanto para cortar como para soldar metales de una variedad impresionantemente amplia.

Aun cuando la naturaleza indulgente de las tecnologías de soldadura convencionales puede aceptar una gama más amplia de tolerancias de ajuste, éstas tienen sus desventajas, como por ejemplo las velocidades de soldadura relativamente lentas, el posible requerimiento de postprocesamiento, pandeo del material o fatiga debido a la transferencia de calor. Los procesos de soldadura más nuevos se están volviendo más populares debido a que atienden estos defectos específicos. Una de las tecnologías de gran crecimiento en el campo de la soldadura es la soldadura láser; de hecho, el láser es una excelente herramienta no sólo para cortar metal sino también para fundirlo.

Ventajas y desventajas de la soldadura láser

Los dos métodos más comunes de soldadura láser con soldadura de penetración profunda y de conducción de calor. Cada una tiene sus ventajas y sus desventajas, pero ambas implican fundir directamente el material sin usar metal de relleno. Éste es el escenario ideal, simplemente porque es el más barato. Ciertamente, excluir el alambre consumido de su cálculo de costo por parte juega un papel importante en la reducción del gasto, pero los factores contribuyentes más

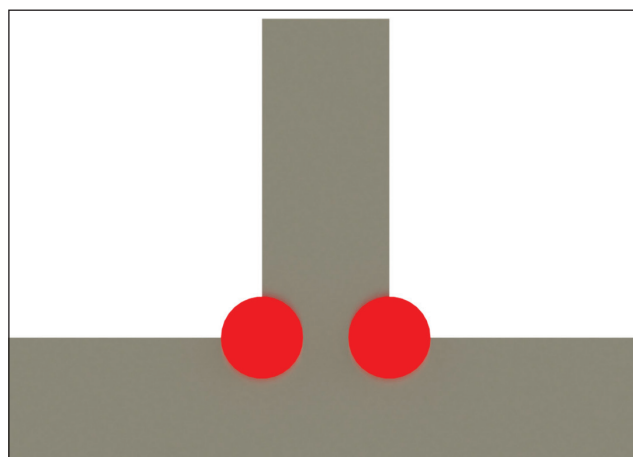
significativos son la alta velocidad de soldadura y la reducción – o eliminación absoluta – del postprocesamiento. Esto se aplica incluso en productos sumamente estéticos.

En mercados donde los costos de mano de obra son bajos, tener personal dedicado a eliminar defectos creados durante la soldadura puede ser más económico que invertir en una solución de soldadura láser más cara (potencialmente mucho más cara). Por otro lado, cuando se considera toda la carga de la mano de obra (salario bruto, impuestos a la nómina, prestaciones, descanso remunerado, etc.), toda solución que evite pasos sin valor agregado es bienvenida, por lo que esto se reduce a los tamaños de lote y de producto.

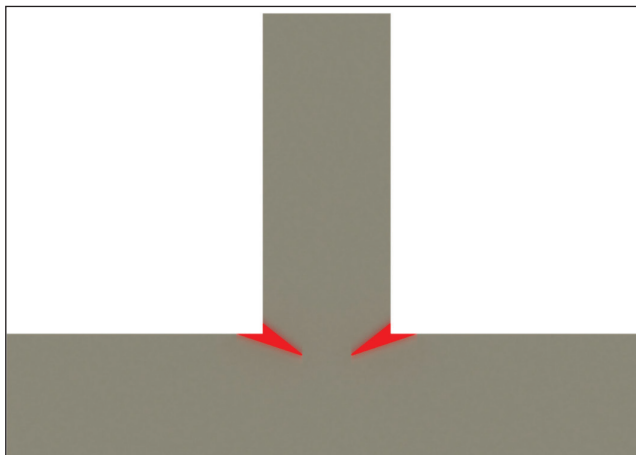
Enfocándose en el corte láser para una mejor soldadura

El corte láser es clave para posibilitar la soldadura láser. Eche un vistazo a la técnica de soldadura de penetración profunda u ojo de cerradura. Con esta técnica, el rayo láser funde el metal, creando vapor. Este vapor que se disipa empuja el metal fundido a su alrededor, creando un ojo de cerradura que se mueve junto con el rayo láser. Arrastrándose detrás, el material se resolidifica de una manera muy uniforme, y el resultado es una soldadura fuerte, rápida y consistente. Lo que es importante tener en mente sobre la soldadura de penetración profunda es que el pequeño ojo de cerradura de vapor que creamos es muy angosto y profundo. Esto no nos da holgura para variaciones en la tolerancia, por lo que es crítico que lo que ocurra corriente arriba sea exacto y consistente, lo que hace ideal al corte láser.

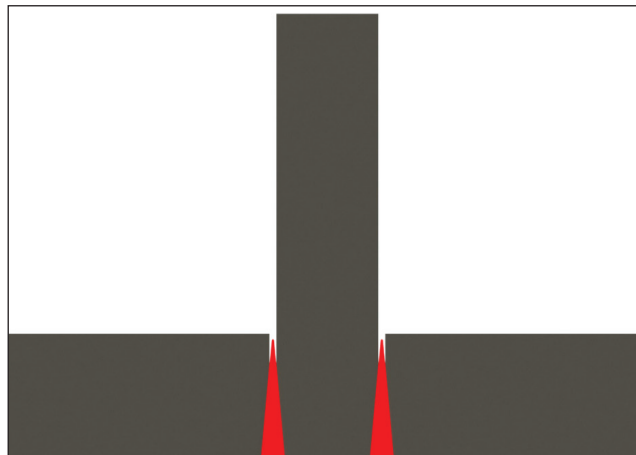
Hay otra cosa que se debe considerar. La soldadura láser funciona mejor cuando la construcción de la parte o ensamble es adecuada para el proceso. Por ejemplo, si tiene una unión en T soldada en ambos lados, cambiar de soldadura por arco con electrodo metálico protegida por gas a solda-



Soldaduras por arco con electrodo metálico protegidas con gas.



Soldaduras láser.



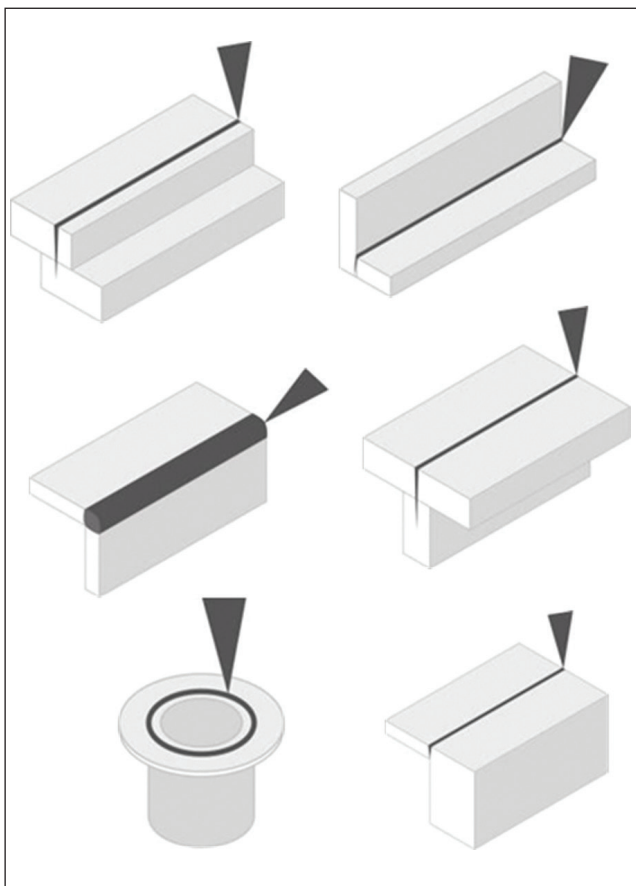
Geometría modificada para soldadura láser.

una soldadura láser como un reemplazo directo probablemente no funcionará. Debido a que la soldadura por fusión carece de la adición de un filete grande para dispersar fuerzas sobre un área superficial más grande, los esfuerzos dinámicos en una junta de soldadura así probablemente darán lugar a una soldadura débil.

Es aquí donde la flexibilidad del láser realmente empieza a mostrar los músculos. La soldadura láser ofrece una abundancia de posibles configuraciones de junta. Con éstas en mente, es posible considerar el diseño de la parte con relación a la mayor libertad de la unión ofrecida por la soldadura láser.

En el escenario planteado anteriormente, los defectos inherentes a la soldadura láser al tratar con una unión en T son atendidos fácilmente reconfigurando cómo se anidan las dos partes. En lugar de que el borde de la parte uno descansa en la cara de la parte dos, insertamos la parte dos en la parte uno. Esto permite que el material base absorba las fuerzas dinámicas que experimentará nuestra parte teórica. Ahora podemos ofrecer la resistencia dinámica de lado a lado requerida de la parte soldada por arco con electrodo metálico protegida con gas, con la excepcional resistencia a la tracción de la unión soldada con láser.

Tratar de hacer que este trabajo funcione sin corte láser es difícil. Debido a que el láser es una herramienta de corte muy flexible, puede crearse y conservarse el tamaño exacto de la geometría de inserción. La soldadura ojo de cerradura tiene un requerimiento de tolerancia muy restrictivo (~ 0.1 mm [0.0039 in.]), por lo que son necesarias la consistencia y las funciones finas del láser para usar al máximo dicha tecnología.



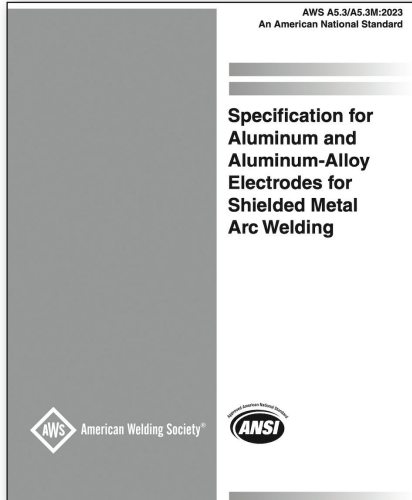
Ejemplos de juntas de soldadura láser.

Conclusión

Con frecuencia considerados la herramienta flexible más importante, los láseres ofrecen más libertad para diseñar partes con configuraciones de junta que son más fáciles de soldar. El corte láser puede permitir mejores ajustes para la soldadura, y hacer todo el proceso más económico mediante la eliminación de trabajo sin valor agregado que requiere mucha mano de obra. [WJ](#)

BRETT THOMPSON (brett.thompson@trumpf.com) es gerente consultor y de tecnología láser de TRUMPF Inc., Farmington, Connecticut.

Especificación de la AWS disponible para electrodos de aluminio y de aleaciones de aluminio para soldadura por arco con electrodo metálico revestido



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 revestido), establece los requerimientos para la clasificación de electrodos cubiertos (cubiertos con fundente) de aleación de aluminio E1100, E3003, and E4043 para soldadura por arco con electrodo metálico revestido. Las pruebas hechas para clasificación son análisis químico del alambre de núcleo así como pruebas de tracción y doblez de ensambles de prueba con soldadura de ranura. Estos últimos son fabricados en cada uno de dos tamaños de electrodo para cada clasificación. Se especifican los tamaños de electrodo estándar, identificación del electrodo y límites de la composición química.

AWS Bookstore
pubs.aws.org

Máquina de corte con plasma que automatiza el arreglo, marcado, biselado y rectificado de perfiles

La máquina de corte SPC 1500-3000 PT hace una operación impecable usando plasma u oxicomcombustible para hacer cortes programados. Puede hacer marcado con tinta, punzón y plasma dependiendo de la aplicación. La máquina está diseñada para automatizar el acomodo, marcado,



corte, biselado y rectificado de perfiles de 3 a 118 pulgadas (7.6 a 299.7 cm). Simplemente importando las especificaciones del cliente a su software ProCAM, la máquina de corte elimina la medición de cinta, el bosquejado y la práctica de precorte de piezas marcadas con gis. El tiempo para concluir las tareas se reduce hasta 90% debido a la tecnología FitPerfect™ de la máquina, la cual se desarrolló para corte de cabezales de contenedores y contenedores a presión. Un eje longitudinal y transversal para crear un círculo perfecto en un plano permite el corte de agujeros sin rotación del contenedor. Se simplifican los agujeros difíciles de cortar, como por ejemplo agujeros en flancos, agujeros para montura, y agujeros para conexiones a presión. La altura del eje ajusta la antorcha de corte al nivel fluctuante de la superficie del material mientras que el robot de auto enfoque hace biselado a lo largo de la trayectoria de corte, salvaguardando las dimensiones reales del agujero. El resultado es una preparación de soldadura tersa y minuciosa a lo largo de la línea de adaptación de la conexión boquilla-agujero. Esto beneficia a los talleres que manejan perfiles de pared gruesa donde la reducción del volumen de soldadura es clave. Características especiales como sistemas y rodillos de soporte motorizados o sin motor, junto con opciones extra en la máquina como el precalentador para perfiles de pared gruesa, ayudan a acelerar el tiempo del proceso y el trabajo manual al cortar agujeros manualmente en contenedores grandes. Al automatizar el proceso de corte de contenedores, la máquina libera al personal para que haga otras operaciones, como conexión de boquillas y soldadura.

HGG Group
hgg-group.com

AWS anuncia la especificación D14.0/D14.0M:2024, Machinery and Equipment Welding Specification

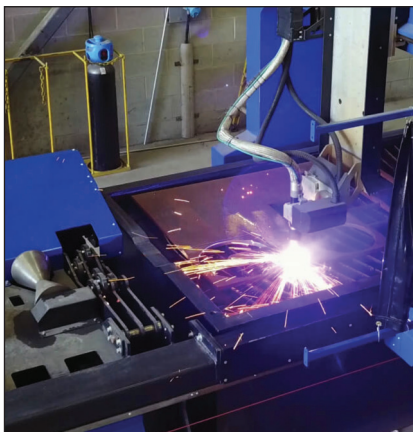
AWS D14.0/D14.0M:2024, Machinery and Equipment Welding Specification (Especi-



ficación para soldadura de maquinaria y equipo), establece los requerimientos de diseño, manufactura, calidad, inspección y reparación, para conexiones soldadas de acero al carbón, de baja aleación y de aleación en maquinaria y equipo. Este documento combina y reemplaza a AWS D14.1/D14.1M, Specification for Welding of Industrial and Mill Cranes and Other Material Handling Equipment (Especificación para la soldadura de grúas industriales y para acería, y otro equipo de manejo); AWS D14.3/D14.3M, Specification for Welding Earthmoving, Construction, Agricultural, and Ground-Based Material Handling Equipment (Especificación para soldadura de equipo de remoción de tierra, agrícola y de manejo de material situado en terreno); AWS D14.4/D14.4M, Specification for the Design of Welded Joints in Machinery and Equipment (Especificación para el diseño de uniones soldadas en maquinaria y equipo); y AWS D14.5/D14.5M:2009, Specification for Welding of Presses and Press Components (Especificación para soldadura de prensas y componentes de prensa). La especificación trata estos temas: diseño de uniones de soldadura, hechura, criterios de aceptación de calidad, métodos de ensayo no destructivo (visual, radiográfico, ultrasónico, partículas magnéticas y líquido penetrante), reparación de defectos de soldadura y tratamiento térmico post-soldadura. En general, tiene 238 páginas, incluyendo las cubiertas. Además, el Comité D14 de la AWS sobre Maquinaria y Equipo dedicó esta edición al finado David Landon por su importante contribución a la soldadura.

AWS Bookstore
pubs.aws.org

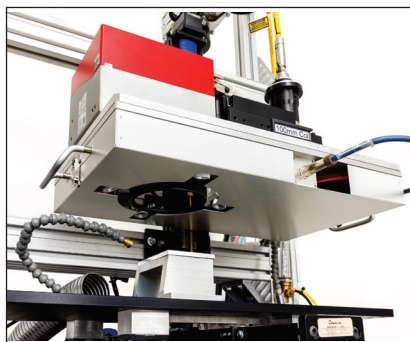
Máquina que hace cortes de tubo adaptables usando plasma



La máquina The Pipe Cut™ corta tubos con diámetros de 2.5 a 48 pulgadas. Un aditamento de mesa de plasma opcional permite el corte de placas tubulares y otros perfiles de placa. La máquina brinda exactitud de posicionamiento y repetibilidad para preparación para soldadura y corte de ingleses, silletas, agujeros, ranuras y refuerzos. La amplia capacidad de corte para acero suave, acero inoxidable y aluminio se debe a la fuente de plasma HyDefinition de la máquina. Su controlador intuitivo y su software PipeServer les dan a los operadores conexión a todas las herramientas CAD y de modelado de información de construcción corriente arriba, que incluyen impresión de etiquetas especiales y el compartir el mismo flujo de trabajo con las otras herramientas en la planta de producción. Otras características incluyen el accionamiento lateral dual rígido y la construcción estilo pórtico, un controlador automático de altura de antorcha, un sistema de riel invertido patentado, un sistema automatizado de altura del mandril y sujeción, una banda transportadora motorizada de alimentación y descarga (hasta 60 pies, 18 metros, de largo), unidades de rodillo de soporte neumático, y un sistema de extracción de humos en la fuente que contribuye a un lugar de trabajo limpio y seguro. La cabeza de bisel de contorno completo de 5 ejes corta y prepara el tubo en cualquier dirección al mismo tiempo que también hace preparación para soldadura en el extremo. La exactitud del corte permite pasar sin problemas a la soldadura, eliminando la necesidad de rectificado o preparación para soldadura. La máquina incluye una mesa de placa para cortar formas a partir de placa de acero y hacer biseles, creando partes que pueden aplicarse a tubos y a cualquier ensamble de acero estructural.

Machitech
machitech.com

Cabeza de escaneo que dirige el láser con movimiento fluido de un punto a otro



La Galvo Scan Head minimiza los tiempos de posicionamiento de un punto a otro en comparación con los láseres de fibra, reduciendo los tiempos de ciclo en partes con varias ubicaciones de soldadura. Ideal para soldadura por puntos y de costura en tamaños de campo hasta de 100 x 100 mm, la solución de escaneo es óptima para soldar dispositivos médicos pequeños, paquetes de baterías e interconexiones eléctricas. Los componentes de hardware usados para alimentar un rayo láser desde la fuente hasta la pieza de trabajo incluyen espejos, disparadores, colimadores, fibras y cabezas de enfoque. Las cabezas de escaneo dirigen el rayo láser usando dos espejos a través de una lente f-theta, enfocándolo en un área XY. El rayo puede ser conducido hacia cualquier ubicación dentro del campo usando un movimiento de 25 mm que tarda sólo unos cuantos milisegundos en avanzar, estabilizarse y estar listo para soldar. La cabeza de escaneo facilita un posicionamiento rápido y exacto de un punto a otro mediante dos espejos con motores, lo que brinda posicionamiento a alta velocidad, tiempos de estabilización cortos y alta aceleración y desaceleración. La herramienta funciona bien para otras aplicaciones como soldaduras por puntos para una charola de partes y sellado de costura de paquetes de microondas y radiofrecuencia para la industria aeroespacial.

Amada Weld Tech
amadaweldtech.com

Máquina SMAW equipada con funciones avanzadas

La máquina de soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW, por sus siglas en inglés) 180Si Sprinter™ combina el desempeño del arco para SMAW con función avanzada de soldadura por arco con electrodo de tungsteno protegida con gas (GTAW, por sus siglas en inglés). La máquina portátil pesa menos de 20 libras (9 kilogramos) debido a la tecnología de



inversor. Tiene una salida máxima de 180 A. Los operadores pueden soldar electrodos de hasta 5/32 pulgada ($60^{10}/70^{18}$) y pueden elegir un modo 6010 dedicado para electrodos celulósicos para SMAW. La máquina además da 200 A para GTAW y una variedad de funciones para GTA. Las opciones de modo de pulso van de 0.1 a 100 pulsos por segundo. Hay opciones de inicio suave y de alta frecuencia junto con capacidad lista para GTA con un conector de ocho patas para pedales, controles manuales de amperaje Amptrol y otros dispositivos. El voltaje de entrada dual permite al operador conectar a cualquier fuente de poder común. Una pantalla de siete segmentos y controles de botón pulsador están alojados en una caja ergonómica con manija y correa de hombro para llevarse y moverse por el taller o a cualquier ubicación. La máquina es ideal para trabajo como mantenimiento y reparación, equipo agrícola, industria ligera y construcción naval.

Lincoln Electric
lincolnelectric.com

Unidades de soldadura ultrasónica de metales que hacen soldaduras de alta precisión y ciclos rápidos

La Serie GMX-Micro Branson™, una línea de unidades de soldadura ultrasónica de metales, usa un sistema operativo computarizado con varios niveles de potencia y configuraciones. Puede cumplir requerimientos cambiantes de material y producción para baterías de vehículos eléctricos, cargadores de baterías, conductores y aplicaciones de electrónica con tiempos más rápidos. La serie está disponible en dos niveles de potencia. La versión de 4400W está equipada con una pila de soldadura estándar, mientras que la versión de 5500W está disponible ya sea con pila de soldadura de metal estándar o una pila de soldadura de presión directa. La pila de presión directa ejerce una fuerza descendente mayor con mayor estabilidad, lo que hace posible hacer soldaduras complejas de películas de batería de muchas capas o



soldaduras de conductores grandes con mayor consistencia. Su sistema de actuación neumática se restablece en 100 milisegundos, lo que permite ciclos de soldadura y ritmos de producción más rápidos. Las pilas de soldadura se sujetan en soportes polares rígidos mientras que los actuadores tienen soportes lineales duales, calibración de altura integral, y un codificador lineal con resolución de 5 micrones que elimina la necesidad de dispositivos de medición externos. Estas características, junto con un diseño de soporte nodal que equilibra de manera precisa la pila de soldadura y el cuerno con el yunque durante la soldadura, aseguran una transferencia efectiva de energía ultrasónica y juntas repetibles de alta precisión. Los usuarios de las fuentes de poder manejan las funciones de soldadura mediante una pantalla táctil LCD de 7 pulgadas, o una pantalla opcional ampliada, que puede desarrollar, almacenar o recuperar fórmulas de soldadura rápidamente. La pantalla además grafica parámetros de soldadura críticos – potencia, altura o frecuencia – en tiempo real. Las nuevas fuentes de poder además brindan una amplia captura y almacenamiento de datos de la calidad de la soldadura, operación multilingüe y actualizaciones basadas en software. La serie se construye en un chasis modular compacto con dos estilos, con base en la elección de actuador normal o de presión directa. Ambos chasis ofrecen amplio espacio de trabajo debajo del actuador, lo que permite una inserción y remoción más fácil de partes más grandes. El diseño además simplifica la configuración, la automatización y el montaje de sistemas de soldadura individual o múltiple. Las pilas de soldadura están equipadas con herramientas de cambio rápido para permitir cambios rápidos de producción. Una conectividad adicional, que incluye Ethernet de 1000/100/10 megabits por segundo, soporta transmisión de datos en tiempo real hacia los sistemas de ejecución de manufactura o recuperación

de fórmulas de producción almacenadas mediante internet seguro.

Emerson
emerson.com

Un catálogo concentrado en antorchas y consumibles



El catálogo PowerBall® Torch Products 2024 muestra una línea de antorchas de soldadura con arco metálico protegida con gas semiautomáticas y robóticas, y consumibles de repuesto de larga duración de fabricación americana. El catálogo incluye antorchas diseñadas con trayectoria de corriente completamente de cobre, la cual ofrece una salida de amperaje más alta para soldaduras de calidad energéticamente eficientes. El inventario además anuncia productos con alimentación de alambre continua, lo que elimina tiempo improductivo para cambio de alambre, y alimentación de alambre fluida para un desempeño consistente de la soldadura con transferencia de corriente. Las antorchas con guías elípticas reducen la fricción del alambre para evitar enmarañado, detener la acumulación de salpicadura y la deformación de la punta mediante propiedades de enfriamiento, y asegurar una vida más larga de los consumibles mediante una conductividad mejorada y menor acumulación de calor. Los consumibles que se ofrecen también cuentan con geometría de punta optimizada.

Wire Wizard
wire-wizard.com

Robot móvil autónomo que mueve de manera segura componentes pesados

MD-650 y MD-900, robots móviles autónomos de gama media (AMRs, por sus siglas en inglés), con equipo robótico móvil (MRE, por sus siglas en inglés), brindan una transferencia de materiales segura y confiable. La



serie recoge, transporta y suelta tarimas y carga de hasta 1120 libras (508 kilogramos) y 1680 libras (762 kilogramos). La tecnología de sensores asegura una transferencia segura entre el rodillo superior y la estación de recepción. La combinación intuitiva de MRE y AMR, hardware y software, optimiza la transferencia interna de bienes, libera trabajo manual y reduce los tiempos de ciclo. Para la solución de elevador, el software combina los tres bloques de construcción – AMR, módulo de elevador y rack de tarimas – en una solución completa que funciona como una sola unidad. Lo mismo aplica para la solución de rodillo, donde AMR, módulo de rodillo y software se configuran todos. La integración estrecha brinda una experiencia perfecta de configuración e instalación.

OMRON
omron.com

Cobot que ofrece fuerza y movilidad de alto desempeño



El UR30, un robot colaborativo (cobot) compacto con capacidad de carga de 30 kg (66 libras), permite un levantamiento extraordinario. Su control de movimiento asegura la colocación perfecta de cargas grandes. Esto le permite trabajar a velocidades más altas y levantar cargas más pesadas. El cobot es ideal para diversas aplicaciones, que incluyen atención de máquinas, manejo de material y atornillado de torque alto. Utiliza varios sujetadores al mismo tiempo para retirar partes acabadas y cargar más material en una sola pasada. Como resultado, la carga alta acorta los tiempos de cambio y maximiza la productividad. Puede manejar herramientas de torque más grandes y con salida más alta con una función de modo

estable para un atornillado exacto y consistente. El UR30 tiene una plantilla pequeña, lo que le permite caber en casi todos los espacios de trabajo. Con un peso de 63.5 kg (140 lb), además puede ser movido fácilmente entre celdas de trabajo. Su manejo de material y paletización de productos pesados en todos los sectores industriales libera de levantamiento pesado a los usuarios.

Universal Robots
universal-robots.com

Antorcha que extrae humos para proteger a los soldadores y a la calidad de la soldadura

AF500 xFUME® ABIROB® es una solución de extracción de humos diseñada para

usarse con cobots y con ciertas aplicaciones industriales de soldadura con robot. Esta antorcha de extracción de humos integrada enfriada por aire elimina los humos directamente en la fuente, mientras que mantiene la calidad de la soldadura. Un beneficio que ofrece es la eliminación de voluminosas mangas y tubos frecuentemente asociados con los sistemas tradicionales de extracción de humos. El perfil delgado les permite a los cobots y robots industriales acceder a sus trabajos de soldadura sin obstrucción. Puede montarse y conectarse directamente en la mayoría de las marcas grandes de cobots, lo que brinda compatibilidad y flexibilidad.

ABICOR BINZEL
binzel-abicor.com



Cobot que empodera a los trabajadores y apoya las necesidades de producción

XSR BotX™ presenta un sistema de soldadura automatizada simplificado. La capacidad de producción puede ampliarse o reducirse para satisfacer las necesidades del negocio sin inversión de capital. El cobot está disponible mediante programas de compra o renta a corto o largo plazo. Se incluyen la configuración y la capacitación, así como soporte virtual personalizado basado en app. El sistema de soldadura por cobot viene con opciones de sistema en línea y fuera de línea para ayudar a aprovechar la mano de obra existente. Los parámetros de soldadura son sencillos de instalar y enseñar, con el fin de llevar a cabo los procesos de soldadura. Su biblioteca de soldadura basada en la nube asegura el control de las operaciones, incluido el voltaje, la velocidad de alimentación del alambre y la velocidad de viaje de la antorcha. Las fluctuaciones en la producción también se manejan fácilmente mediante el diseño escalable del cobot. El sistema de soldadura automatizada sobre demanda les

permite a los fabricantes competir por trabajos más grandes que anteriormente estaban fuera de su alcance.

Airgas
airgas.com



ÍNDICE DE ANUNCIANTES

AWS Certification
aws.org/certification

27
 (305) 443-9353

Genstar Technologies, Inc.
gentec.com

26
 (909) 606-2726

Bradford Derustit Corp.
derustit.com

17
 (714) 695-0899

Hypertherm
hypertherm.com

33
 Contacto Web

Cor-Met, Inc.
cor-met.com

21
 (800) 848-2719

Weston Tools
westontools.com.mx

9
 52 1 33 2390 5638

Diamond Ground Products
diamondground.com

2
 (805) 497-3837

Welding Technology Group S.A.S
helioswelds.com

17
 Contacto Web