

El valor neto del proceso de soldadura de metales por ultrasonidos

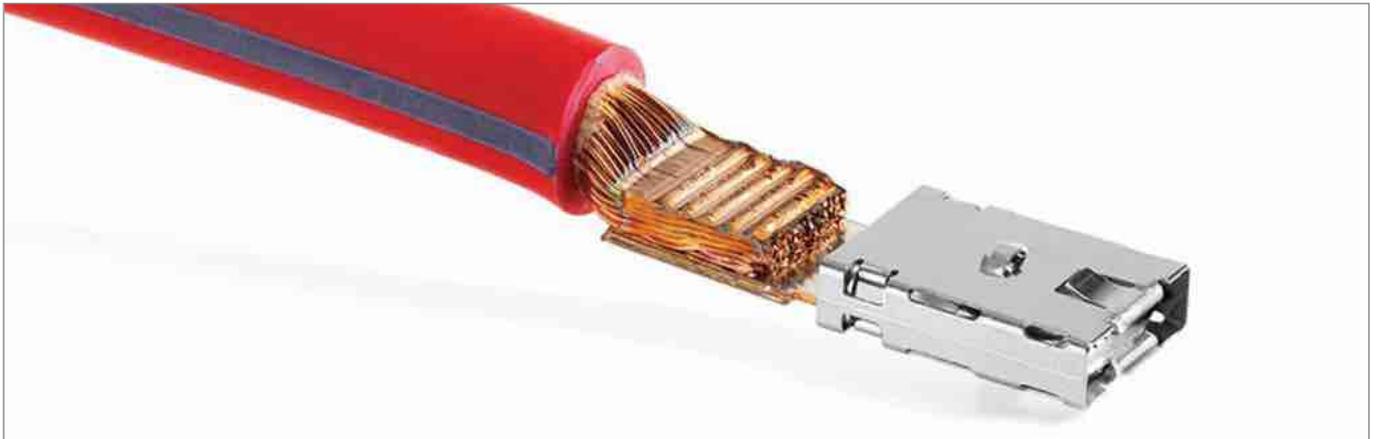
SOLDADURA DE PLÁSTICO

SOLDADURA DE METAL

CORTE

LIMPIEZA

CRIBADO



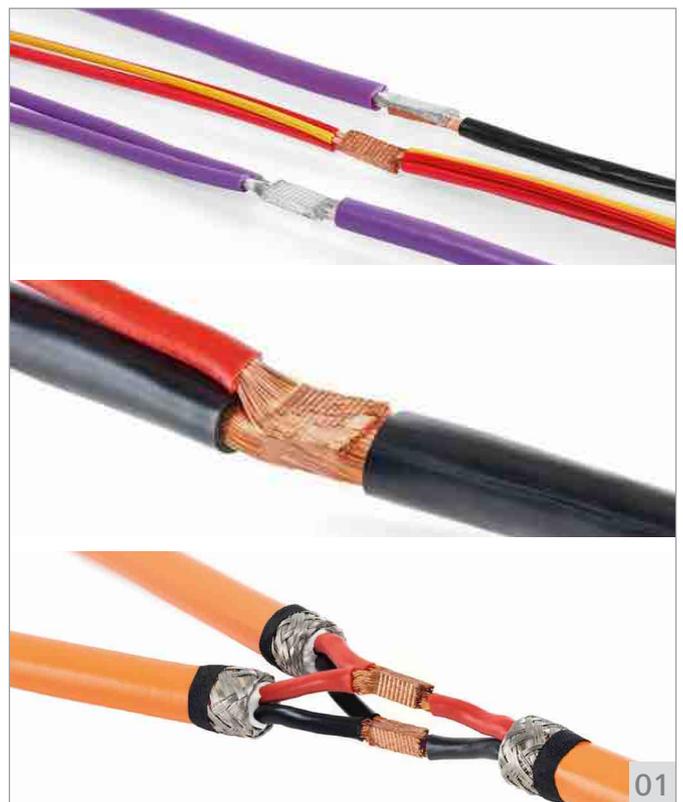
Bronschhofen (Suiza), 08/2023

Hay muchos factores a tener en cuenta a la hora de decidirse por un método de unión de metales, incluidas sus características tangibles e intangibles. Dependiendo de la aplicación, la inversión variará en función del diseño de la unión, los materiales a soldar, las formas geométricas, las dimensiones y tamaños, los efectos medioambientales y la integridad mecánica y eléctrica que exija el producto en cuestión. No es posible abordar todas las aplicaciones de unión en un sólo artículo, por lo que destacaremos la industria automotriz de cables de un arnés y los productos para aclarar las diferencias entre el prensado, la soldadura, los ultrasonidos, el láser y la soldadura por resistencia.

En algunos casos, la soldadura por ultrasonidos es la única solución o puede no ser factible en absoluto. Sin embargo, por muchas variables que se tengan en cuenta a la hora de seleccionar el método de unión, la soldadura por ultrasonidos parece ofrecer un mejor desempeño de inversión a largo plazo que todos los demás procesos viables.

La inversión inicial en equipos de soldadura de metales por ultrasonidos es mayor en comparación con otros procesos de soldadura, como la soldadura por resistencia y el rebordecado, y la unión mecánica, y sin embargo menor que la de los equipos de soldadura por láser. Entonces, ¿por qué esta tecnología ha dominado la fabricación de cables de un arnés y se ha convertido en una necesidad para los VE, las baterías de los VEH y la distribución eléctrica? La soldadura por ultrasonidos de metales no ferrosos es una tecnología comprobada desde hace décadas. Sin embargo, desde principios de los años 80, la soldadura de metales por ultrasonidos ha dominado la industria automotriz, siendo los fabricantes de cables de un arnés para automóviles el mayor usuario de esta tecnología (Figura 1). Gracias a su eficacia y a su inmejorable calidad, la soldadura por ultrasonidos sustituyó al rebordecado mecánico y a la soldadura por resistencia en todas las marcas de automóviles casi inmediatamente después de su aparición. El uso de la soldadura por ultrasonidos para los cables de un arnés del automóvil ha experimentado un crecimiento aún más rápido en la última década debido al aumento de los

vehículos con motor eléctrico (VE). La innovadora y cambiante técnica de soldadura torsional de Telsonic ha contribuido en gran medida a este rápido crecimiento debido a su capacidad inigualable para afrontar retos como el tamaño de la soldadura, la soldadura en áreas más pequeñas, las formas geométricas, el alcance del área de la costura de sellado, la orientación de la misma y los efectos de las vibraciones en los componentes periféricos.



01 Aplicaciones convencionales de la soldadura por ultrasonidos para cables de un arnés automotrices

Un cable de un arnés promedio contiene 180 nodos, y ese número crece con cada año del modelo de vehículo. Los fabricantes de equipos originales están añadiendo más funciones electrónicas a los automóviles, lo que requiere más nodos. Los nodos y las terminaciones de los cables conforman un largo y complejo arnés pesado que controla todo el sistema eléctrico del vehículo. El unión de cordones siempre ha sido un punto importante en la fabricación de cables de un arnés debido a la intensidad de mano de obra inherente al procesamiento de cables. La industria sigue aplicando el rebordeado o la soldadura por resistencia para aplicaciones como el rebordeado de cables pequeños o la unión de cordones de estaño. En general, la soldadura por ultrasonidos no es viable para piezas estañadas o materiales duros como el acero. Aquí es donde las opciones de soldadura por resistencia o láser se vuelven viables. La soldadura por ultrasonidos es la mejor opción para soldar aluminio con otro material no ferroso. Debido a su naturaleza de soldadura por fusión en frío, el aluminio se suelda con fuerza sin fundirse ni verse afectado significativamente por el calor. Las ventajas de la soldadura por ultrasonidos se aplican a los materiales conductores térmicos, como el aluminio, el cobre y el magnesio, que pueden resultar problemáticos de soldar mediante soldadores de resistencia y láser. Los ultrasonidos también son muy útiles para unir un material fino con otro grueso. Si el requisito es una alteración mínima de las propiedades del material debido al calor, los ultrasonidos suelen ser el mejor proceso de soldadura.

La unión de cordones es un ejemplo excelente para evaluar algunos de los procesos de unión en la fabricación actual de cables de un arnés. Los fabricantes usaron el proceso de rebordeado durante muchos años antes de que la soldadura se convirtiera en una opción viable. Algunos fabricantes de equipos originales sólo usaban la pinza para rebordar los cables en un nodo. Algunos añadieron la inmersión en un baño de soldadura para asegurar la integridad eléctrica. Eso tenía las desventajas del material añadido (muchos tamaños diferentes de

pinzas), el espacio necesario para las prensas dedicadas, el requisito de saber soldar y el impacto en los hilos debido a la tensión mecánica y al calor de la pinza y la soldadura. Por ello, la soldadura de cables se hizo muy deseable, comenzando con la soldadura por resistencia y luego con el inicio de la soldadura por ultrasonidos. La naturaleza de fusión en frío de la soldadura de metales por ultrasonidos, su capacidad para eliminar la oxidación antes de la soldadura, la unión de metales distintos, el consumo de energía muy bajo y la capacidad para soldar una gran variedad de tamaños de nodo con una sola máquina y el mismo herramental universal, fueron factores convincentes para hacer de la unión de cordones por ultrasonidos un proceso aceptable en todo el mundo. Los fabricantes de cables de un arnés demoraron varios años en familiarizarse con el proceso y adoptar la tecnología. Algunos pasaron del rebordeado a la soldadura por ultrasonidos y otros usaron la soldadura por resistencia antes de pasar a la soldadura por ultrasonidos. Los equipos de soldadura por ultrasonidos ofrecían ventajas sobre otros métodos de unión que siguen vigentes hoy en día.

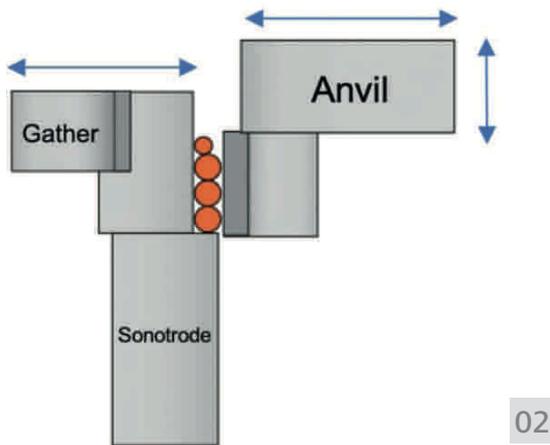
A lo largo de la progresión de la tecnología de soldadura en los últimos 30 años, la calidad y la confiabilidad han sido siempre los factores decisivos. La rentabilidad de la inversión se justificó fácilmente: las soldaduras por ultrasonidos presentaban una mayor vida útil en los vehículos. Hoy en día, la mayoría de las características de la tabla comparativa que aparece a continuación (Tabla 1) son aplicables a otras aplicaciones de soldadura de metales como cables a terminales, terminales a terminales y barras colectoras.

Esta tabla comparativa muestra las ventajas de cada proceso y los costos directos e indirectos de operación. Hay muchos casos en los que un método de unión puede ser claramente la mejor opción o incluso la única. Tenga en cuenta las características de la tabla siguiente a la hora de decidir entre varias opciones de unión.

Características	Ultrasonido	Resistencia	Rebordeado	Soldadura	Láser
Proceso de soldadura en frío	sí	no	no	no	no
Consumibles necesarios	no	no	sí	sí	no
Unión de materiales distintos	sí	limitada	sí	limitada	limitada
Durabilidad de la conexión	excelente	bueno	moderada	baja	bueno
Resistencia mecánica	alta	alta	moderada	baja	moderada
Conductividad eléctrica	excelente	bueno	moderada	baja	bueno
Cambio de la propiedad del material	sin cambios	cambiado	sin cambios	cambiado	cambiado
Consumo de energía	bajo	alto	bajo	moderado	moderado
Tiempo de proceso	corto	corto	corto	largo	corto
Generación de calor	baja	alta	baja	alta	alta
Influencia de las condiciones de la superficie	moderada	moderada	sí	sí	sí
Control de calidad, consistencia	alta	baja	moderada	muy baja	moderada
Seguridad laboral (vapores, descarga eléctrica)	bueno	baja	bueno	baja	bueno
Vida útil de la herramienta	alta	baja	alta	moderada	alta
Se requiere un operador cualificado	no	no	no	sí	sí
Automatización simple	limitada	limitada	bueno	no	limitada
Requisitos de mantenimiento	bajo	alto	bajo	bajo	alto

El costo de operación/mantenimiento por unión debe validarse simultáneamente pero con la calidad como máxima prioridad. Estos son algunos de los factores que se tienen en cuenta a la hora de seleccionar un método de unión:

- Inversión inicial y volumen
- Desempeño
- Consumibles
- Consumo eléctrico:
la soldadura por ultrasonidos requiere un 5% del de la soldadura por resistencia
- Infraestructura adicional como refrigeración por agua, ventilación e instalación de energía adicional
- Espacio necesario para el equipo
- Tiempo de cambio
- Tiempo de preparación para cada aplicación
- La vida útil de las herramientas y su efecto en la calidad (Figura 02)



02

02 Herramental para unión de cordones por ultrasonidos (normalmente por encima de 200,000 soldaduras)

Ventajas de la soldadura de metales por ultrasonidos

- El proceso a baja temperatura no afecta a las propiedades del material
- Unión metalúrgica pura para muchos materiales no ferrosos
- Capacidad para soldar materiales diferentes
- Sin materiales consumibles como pinzas de nodos o soldadura
- Proceso amigable con el medio ambiente
- Calidad de soldadura, propiedades mecánicas y eléctricas consistentes
- Tiempo de ciclo rápido
- Compatible con interfaz HMI
- Seguridad del operador sin humos ni productos químicos como el plomo

El proceso

Existen dos tipos de métodos de soldadura por ultrasonidos para metal y plástico. La soldadura lineal es la técnica más común usada por los fabricantes de equipos y un estándar para la unión de cordones (Figura 3).

La soldadura torsional, desarrollada por Telsonic, entró en escena hace más de una década. La técnica de soldadura torsional puede usarse para la mayoría de las aplicaciones habituales de la soldadura lineal. Sin embargo, debido a sus capacidades únicas, tiene ciertas ventajas en cuanto a la forma geométrica de la aplicación y a su suave proceso, lo que da lugar a un espectro más amplio de aplicaciones en el mercado. De hecho, a veces esta tecnología resulta ser la única solución para los fabricantes de baterías de vehículos eléctricos y en la terminación de cables de alta tensión (Figura 4). Otros ejemplos en los que la soldadura por ultrasonidos torsional demuestra ser el método superior son las barras colectoras, las terminales 3D y los transistores bipolares de puerta integrada (IGBT).

Técnicas de soldadura por ultrasonidos

Lineal

Comprobada para aplicaciones estándar

03

Lineal

Proceso de soldadura estándar

Soldadura de metales

Lineal

Soldadura de plástico

Torsional

Las nuevas posibilidades amplían los límites

04

Torsional

SONIQTWIST®

Soldadura de metal/
plástico

Torsional

PowerWheel®

Soldadura de metales

03 Ejemplos actuales de aplicaciones en VE para la soldadura por ultrasonidos

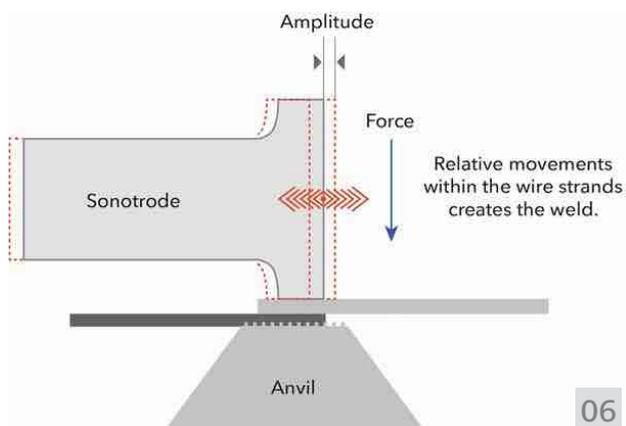
04



05 Ejemplos de aplicaciones de soldadura por ultrasonidos para la industria automotriz

Cómo funciona:

Los cables se apilan entre la herramienta vibratoria/oscilante (sonotrodo) y el bloque del yunque. Se confinan en un espacio predeterminado antes de aplicar la fuerza estática a través del yunque. A medida que se produce la oscilación, las superficies metálicas se calientan y plastifican, y los filamentos se unen entre ellos entre-mezclándose a nivel molecular (Figura 6). El resultado es una soldadura continua con una estructura de grano fino como la de los metales trabajados en frío. Todo el proceso es muy rápido, y las soldaduras suelen completarse en una fracción de segundo. La mayoría de las máquinas de soldadura empleadas hoy en día operan con una vibración mecánica de 20KHz de frecuencia. La vibración bajo la fuerza disipa cualquier contaminante e inicia la soldadura por fricción en frío hasta completar el nodo. El aumento de temperatura del material soldado es inferior al 30% debido a la fuerza de fricción en la interfaz de soldadura. Por lo tanto, no se produce un endurecimiento del material del cable que ocasione que los hilos sean quebradizos en la zona de transición de la soldadura. Esta es una de las muchas ventajas sobre la soldadura por resistencia, que implica la fusión del material para hacer el nodo.



06 La vibración y el movimiento que implica la soldadura lineal por ultrasonidos del metal

Parámetros y variables básicas de la soldadura

La soldadura de cable con ultrasonidos también ha demostrado ser de alta calidad y segura en la práctica. Dado que los parámetros de soldadura pueden ajustarse y monitorearse para cada aplicación, ahora es posible en entornos de Industria 4.0.

Parámetros de soldadura:

Además del estado de las herramientas de soldadura y las dimensiones que siempre están predeterminadas, es necesario configurar cuatro parámetros de soldadura. Estos parámetros se establecen normalmente mediante un valor predeterminado dado por el controlador de la máquina para iniciar la cualificación de la calidad de la soldadura.

- Anchura de la soldadura: Configurada por la máquina
- Energía de soldadura: El número fijo de vatios-segundo que deben suministrarse para completar la soldadura
- Amplitud: La oscilación que puede ajustarse hasta 100% de capacidad del sonotrodo
- Ajuste de la fuerza-presión: Para ajustar la fuerza de soldadura

Variables de calidad:

Para controlar el proceso para obtener la mejor calidad al soldar con energía fija, se miden las siguientes variables y se comparan con los límites superior e inferior permitidos determinados por la máquina o el usuario.

- Tiempo de soldadura (duración de la soldadura)
- Altura de compresión antes de iniciar los ultrasonidos
- Altura final de la soldadura
- Energía consumida

Producción estable e integridad de los datos

La soldadura de metales por ultrasonidos es un proceso crucial para todos los aspectos de los cables de un arnés debido a su capacidad para proporcionar una unión fiable que cumpla todas las características de transporte de corriente baja y alta. Por ello, ciertas normas y especificaciones han sido elaboradas por empresas individuales.

USCAR 45 y 38 para unión de cordones y terminación de cables por ultrasonidos son algunos ejemplos, así como otras especificaciones que pueden aplicarse a la mayoría de los productos industriales del mercado. La siguiente tabla es un resumen de las directrices de calidad de la soldadura por ultrasonidos.

Soldadura de metales por ultrasonidos – Directrices de calidad

The image displays a detailed technical manual for ultrasonic welding. It is organized into several key sections:

- Empalme de cables por ultrasonidos:** This section provides visual instructions for joining cables, showing correct techniques with green checkmarks and incorrect ones with red X's.
- Terminación de cables por ultrasonidos:** This section illustrates various termination methods, such as crimping and soldering, with clear diagrams of proper and improper execution.
- DIRECTRIZ DE CALIDAD DE LA SOLDADURA:** A section detailing the quality standards for the welding process, including parameters like temperature and pressure.
- MÉTODOS Y VALORES DE LA PRUEBA DE TRACCIÓN:** This section outlines the methods and specific values for tension testing to ensure the integrity of the welds.
- ESPECIFICACIONES DEL CABLE:** A table providing detailed specifications for different cable types, including wire gauge, length, and material requirements.
- GUÍA DE HILOS ROTOS:** A guide for identifying and handling broken wires, providing troubleshooting tips.

07 Directrices de calidad para la soldadura de metales por ultrasonidos

Descargue el gráfico anterior de la página web de Telsonic ingresando el término "descargas Telsonic" en su navegador.

Directrices para evaluar la calidad de la unión de cordones por ultrasonidos y las aplicaciones de terminación de cables, incluidos los requisitos de fuerza de tracción y pelado, así como las especificaciones de los alambres para los cables SAE AWG e ISO métricos.

En el vertiginoso desarrollo actual de las baterías para vehículos eléctricos y los sistemas de conexión de alta tensión, es necesaria una respuesta rápida con una solución de unión sólida. Los ingenieros de producto deben seleccionar la técnica de unión mientras se encuentran en la fase de diseño y desarrollo. Esto requerirá la comunicación entre los proveedores de soluciones de soldadura y los diseñadores de productos para acelerar el proceso y tener todo el herramienta preparado para la creación de prototipos y las pruebas iniciales del producto.

A medida que aumenta el conocimiento de la soldadura por ultrasonidos, se diseñan más aplicaciones para trabajar con sus capacidades actuales. Sin embargo, si es usted nuevo en esta tecnología, esperamos que este artículo le ayude a comprender mejor algunos de los principios fundamentales de las tecnologías de soldadura y le aclare las posibles oportunidades financieras disponibles en la industria automotriz y en otras industrias. Existen muchos factores a tener en cuenta a la hora de elegir el método de unión más adecuado antes de finalizar su diseño. La información de este artículo debería proporcionarle un buen comienzo.

Por Saeed Mogadam, Consejo Asesor, Telsonic Solutions LLC.