

Soldadura por ultrasonidos para la utilización de barras colectoras para la industria automotriz en la distribución de alta tensión

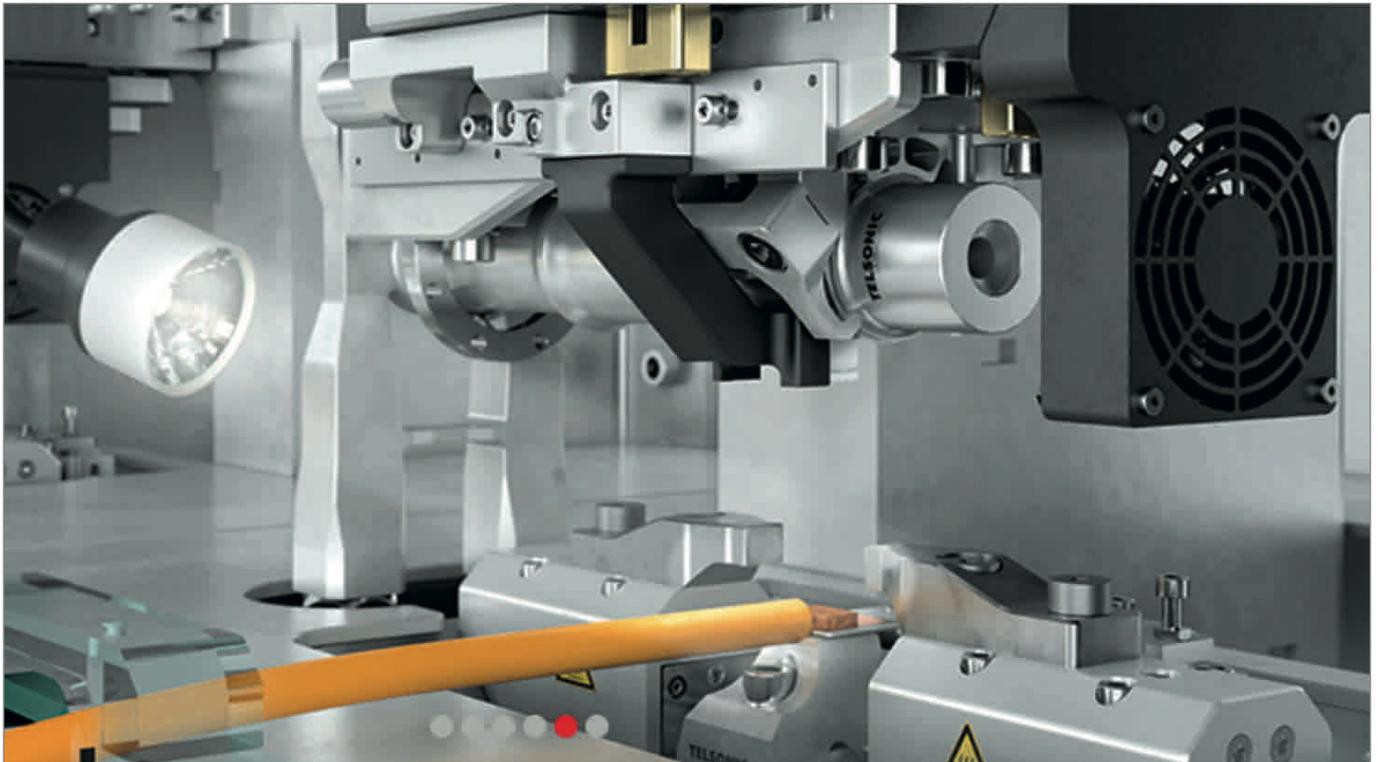
SOLDADURA DE PLÁSTICO

SOLDADURA DE METAL

CORTE

LIMPIEZA

CRIBADO



Bronschhofen (Suiza), 06/2023

Aunque la tecnología de los vehículos eléctricos (VE) existe desde hace tiempo, en la última década se ha producido un aumento significativo de la venta de VE y vehículos eléctricos híbridos (VEH) como vehículos de motor privados. Con los beneficios que proporcionan, los VE son vistos por muchos como el futuro de la industria automotriz. A medida que crezca el mercado de los VE y los VEH, los fabricantes buscarán avances en la tecnología para mejorar la eficiencia, el desempeño y las capacidades de estos vehículos, con lo cual, la soldadura por ultrasonidos desempeñará un papel en estos avances tecnológicos. Desde finales de los años 80, la industria de fabricación de cables de un arnés para automóviles ha sido la mayor usuaria de la soldadura por ultrasonidos, usando esta tecnología sobre todo en el empalme de cables. Sin embargo, se están usando nuevas aplicaciones de la tecnología como parte de los procesos futuros que, en última instancia, proporcionarán a los fabricantes de automóviles soluciones a muchas de las deficiencias actuales de la tecnología de los vehículos eléctricos.

El panorama actual de la fabricación de vehículos eléctricos

En los vehículos eléctricos se usan grandes bancos de celdas de batería combinadas en paquetes sellados para alcanzar el voltaje y la corriente de funcionamiento necesarios para alimentar el motor eléctrico de un vehículo. Actualmente, dos de las principales preocupaciones en el campo de los VE/VEH son el almacenamiento de energía y la autonomía de conducción. Los fabricantes de equipos originales (OEM) están abordando estas preocupaciones de dos maneras: creando baterías más grandes que permitan una mayor autonomía y creando baterías más potentes que permitan una carga más rápida. Ambos enfoques presentan desafíos. Sí, las baterías pueden hacerse más grandes, pero sólo pueden llegar a cierto tamaño antes de volverse demasiado caras y pesadas para ser una solución viable.

El cableado tradicional no es el primer lugar en el que normalmente se busca la innovación en los VE, pero los avances recientes están teniendo un impacto significativo en la historia de los VE porque están proporcionando a los fabricantes de equipos originales dos cosas que necesitan desesperadamente en sus arquitecturas de VE: menos masa y más espacio. Una forma de ganar espacio y reducir masa es pasar del cableado redondo a los conductores planos. Ahí es donde entran en juego las barras colectoras.

¿Qué son las barras colectoras eléctricas?

Derivadas de la palabra latina "ómnibus", que se traduce como "para todos" (como en "todas las corrientes de un sistema concreto"), las barras colectoras son conductores aplanados que se están convirtiendo en parte integral de la arquitectura de los vehículos eléctricos. Las barras colectoras suelen alojarse en el interior de dispositivos de distribución, tableros de control y gabinetes de canales para barras colectoras para la distribución local de energía de alta corriente. También se usan para conectar equipos de alta tensión en las subestaciones eléctricas y equipos de baja tensión en los bancos de baterías. Una barra colectoras es una tira o barra metálica de cobre, latón o aluminio que conecta a tierra y conduce la electricidad. Las barras colectoras eléctricas pueden estar recubiertas con diversos materiales, como el cobre, para proporcionar diferentes límites y variaciones de conductividad. Las barras colectoras tienen varias formas y tamaños que determinarán la cantidad máxima de corriente eléctrica que puede transportar un conductor antes de deteriorarse.

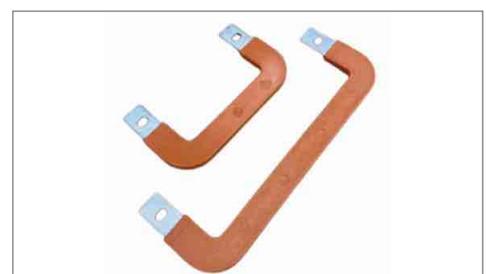
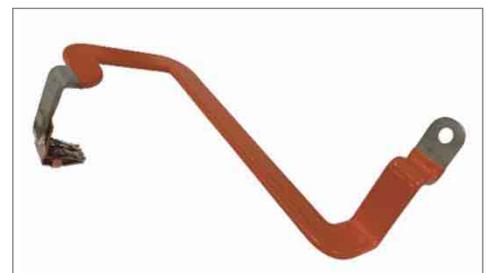
Por qué las empresas prefieren las barras colectoras eléctricas

A largo plazo, se cree que podrían preferirse las barras colectoras más que los cables estándar para parte de los cables de un arnés de la industria automotriz. La creciente adopción dentro de los VE, la rentabilidad, la facilidad de instalación, junto con el bajo costo de reparación y servicio de las barras colectoras para la industria automotriz, y el desarrollo de la infraestructura de carga de VE son algunos de los factores clave que explican la creciente demanda de barras colectoras para la industria automotriz. Además, se espera que los avances tecnológicos en la fabricación y la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos beneficien al mercado mundial de barras colectoras para la industria automotriz. Debido a estos factores, se espera que el mercado genere más de 170 millones de dólares en 2030, avanzando a una TCAC del 24.6% 2021 - 2030, según la investigación de mercado.

Ventajas de usar barras colectoras:

- Reducción de los costos de la instalación e instalación más rápida
- Posibilidad de añadir, quitar o reubicar la alimentación fácil y rápidamente sin tiempo de inactividad
- Preparadas para el futuro y muy flexibles, ya que algunas unidades enchufables pueden desconectarse y volverse a conectar sin necesidad de desenergizarlas
- No requieren mantenimiento de rutina
- La ampliación o remodelación son más rápidas y menos costosas
- Son más amigables con el medio ambiente, ya que suelen requerir menos materiales de instalación y las tomas de corriente son reusables y fáciles de reubicar
- El conductor plano ocupa menos espacio, un 70% menos de altura
- Pueden soportar hasta un 15% más de desempeño que un cable con la misma sección transversal
- Menos peso y espacio de empaque, con mucha más flexibilidad. Por ejemplo, el cable de aluminio plano flexible (FF-Al) de 160 mm² es una solución innovadora y alternativa al cable de Al redondo de 200 mm²
- Usa pernos para la fijación, que es el proceso más confiable hoy en día y menos costoso.
- Pero añade piezas adicionales (pernos) y requiere un valor de par de apriete específico
- Disipación eficaz del calor - Más eficaz que los cables trenzados
- Múltiples construcciones: Cu y Al, resistente a la torsión o flexibles, laminadas. Ver la Figura 1
- No se requiere compatibilidad electromagnética para la batería interior
- Facilita la automatización, lo que mejora la seguridad y la calidad

Hoy en día, existen hasta dos docenas de barras colectoras en una batería, y ese número aumentará a medida que las baterías sean más grandes y/o más potentes, mientras que el espacio en su interior sigue siendo increíblemente reducido. La soldadura por ultrasonidos es el proceso de unión preferido para las barras colectoras en aplicaciones de vehículos eléctricos. Pero, debido a que estas baterías más potentes sólo son tan buenas como su capacidad para cargarse rápidamente, pronto veremos más innovación en las barras colectoras también fuera de la batería, dirigiendo la alta potencia desde las entradas de carga a las baterías y hacia fuera a otros motores y dispositivos de alta potencia, aumentando la necesidad de innovación en las aplicaciones de soldadura por ultrasonidos.



01 Ejemplos de diversas barras colectoras: resistente a la torsión, flexibles, de diseño personalizado

La importancia de los materiales y tamaños de las barras colectoras

Las barras colectoras suelen estar hechas de cobre, latón o aluminio resistentes a la corrosión, en tubos macizos o huecos. La forma y el tamaño de una barra colectora, ya sean tiras planas, barras macizas o varillas, permiten una disipación más eficaz del calor gracias a su elevada relación superficie/área de sección transversal.

Aunque el cobre se oxida con el tiempo, sigue siendo conductor, pero esto suele significar más desempeño para impulsar la electricidad a lo largo de la superficie. Aunque no puede evitar por completo la oxidación durante periodos prolongados, reduce drásticamente sus efectos. Revestir la superficie de la barra colectora ayudará a protegerla contra la oxidación.

Los revestimientos de las barras colectoras suelen tener tres finalidades principales:

- Inhibir la corrosión
- Incrementar la conductividad
- Para fines cosméticos

La barra colectora laminada se usa para evitar las corrientes circulantes en los dispositivos de conmutación conectados en paralelo en los circuitos electrónicos de potencia. También tiene amplias aplicaciones en la captación y distribución de energía solar y eólica, por sus características de baja inductancia, además de su importante aplicación en vehículos eléctricos. Un método más eficaz y rentable es usar un revestimiento epóxico aislante en polvo. El polvo de recubrimiento epóxico ofrece una resistencia dieléctrica muy elevada y se adhiere directamente al cobre, el aluminio o el revestimiento de plata de la barra colectora.

Las barras colectoras varían de tamaño en función de su uso particular. Los tamaños más comunes de barras colectoras comerciales e industriales son 40–60 amperios, 100 amperios, 225 amperios, 250 amperios, 400 amperios, 800 amperios.

Los tamaños actuales de las barras colectoras usadas en aplicaciones automotrices son de 35, 50 o 90 mm². Las barras colectoras están disponibles tanto en cobre como en aluminio.

Las principales diferencias que se tienen en cuenta a la hora de seleccionar el material son:

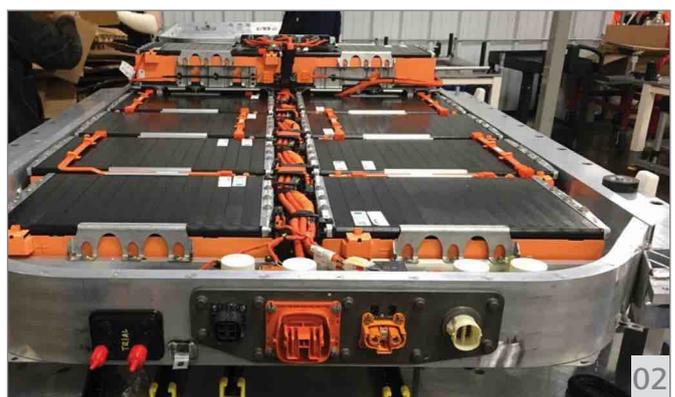
- Resistencia a la tracción
- Capacidad de corriente
- Resistencia
- Peso
- Costo

Las barras de aluminio son menos costosas y funcionan bien en condiciones de alta humedad. Pero el aluminio tiene menos capacidad de corriente y mayor resistividad que el cobre. El cobre ofrece características térmicas superiores a las del aluminio.

Los fabricantes de barras colectoras pueden revisar los requisitos mínimos de una barra colectora destinada a ser usada en un VE/VEH u otra aplicación de distribución de energía, detallando las compensaciones entre el costo y la elección de materiales y el desempeño. Por supuesto que para las aplicaciones de distribución de energía de VE/VEH, la seguridad del conductor es una preocupación añadida y la selección del material de las barras colectoras debe realizarse con la intención de lograr la mayor confiabilidad posible, no sólo para cumplir los requisitos de garantía del vehículo, sino para la seguridad del conductor y los pasajeros.

El cálculo del tamaño del conductor es especialmente importante para las propiedades eléctricas y mecánicas de una barra colectora. Los requisitos de conducción de corriente eléctrica determinan la anchura y el grosor mínimos de los conductores. Las consideraciones mecánicas incluyen la resistencia a la flexión, los orificios de montaje, las conexiones y otros elementos del subsistema. La anchura del conductor debe ser al menos tres veces su grosor. La adición de lengüetas y orificios de montaje modifica la sección transversal del conductor, creando posibles puntos calientes en la barra colectora. Debe tomarse en cuenta la corriente máxima de cada lengüeta o terminación para evitar puntos calientes.

Otra diferencia clave que debe tomarse en cuenta son las barras colectoras sólidas frente a las flexibles. Para aplicaciones automotrices dentro de la batería del VE se usan barras colectoras sólidas (ver la Figura 2).



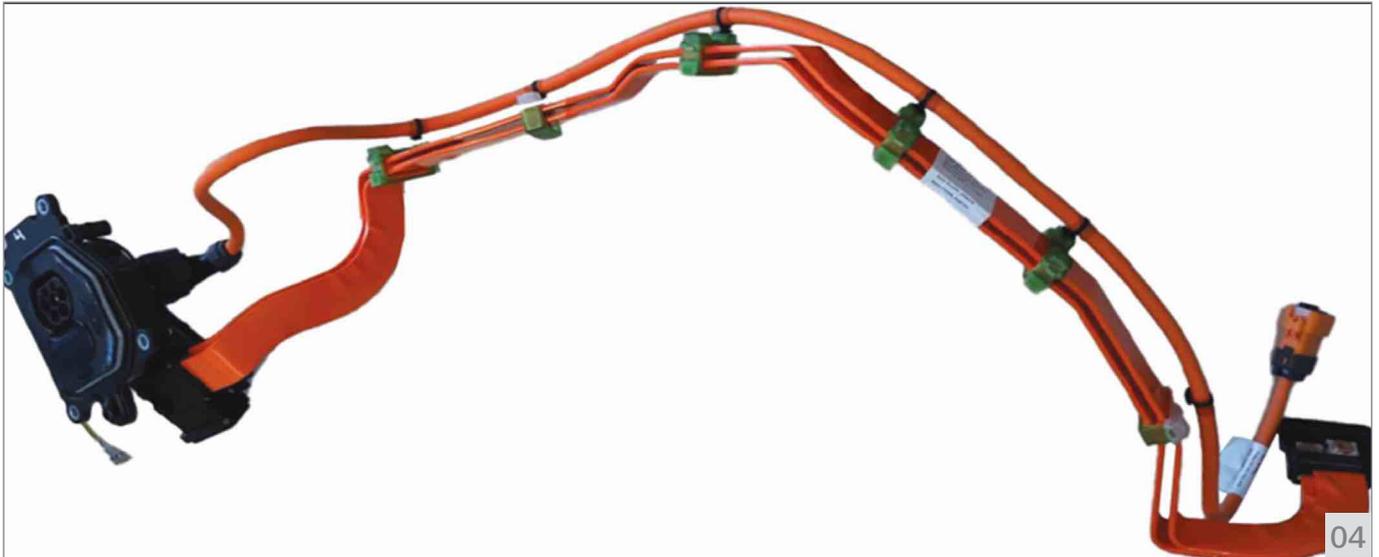
02 Interior de la batería de un VE (presentación del Congreso APTIVE_NA)

Barras colectoras sólidas y flexibles

Las barras colectoras flexibles se usan en tramos cortos cuando es necesario mover una zona concreta para el montaje o la aplicación. Se usa como "puente" eléctrico. En la Figura 3 se muestran ejemplos de barras colectoras flexibles. Las barras colectoras flexibles tienen varias capas finas de cobre o aluminio diseñadas para distribuir eficazmente la energía a través de un sistema de CA o CC. En las zonas de montaje se suelda una pila de láminas de cobre que hace que los extremos sean resistentes a la flexión para las conexiones mientras que el centro permanece flexible. Algunos ejemplos de aplicaciones en las que se requiere una barra colectoras flexible son:

- Vehículos eléctricos, híbridos y de pila de combustible
- Dispositivos de distribución y transformadores en el sector energético y marítimo
- Aplicaciones del generador eléctrico en la industria naval
- Transformadores y estaciones de carga
- Dispositivos de distribución y subestaciones en aplicaciones ferroviarias, plantas químicas y distribución de alta tensión
- Enlace de alimentación para generadores
- Conexiones eléctricas en armarios de distribución





04 Arnés de entrada con barras colectoras
(Presentación del Congreso APTIVE_NA)

Aplicación futura aplicación de barras colectoras en el sector automotriz

La innovación de las barras colectoras fuera de la batería será de gran interés para el futuro, ya que conduce la alta potencia desde las entradas de carga a las baterías y fuera a otros motores y dispositivos de alta potencia (ver la Figura 4). Existe un interés creciente por las barras colectoras entre todos los fabricantes de equipos originales y proveedores de primer nivel, sobre todo para aplicaciones de alta tensión.

Hoy en día, una batería tiene entre 15 y 20 barras colectoras. Para afuera del paquete, se necesita un proceso de blindaje mediante automatización que no existe hoy en día. Por el momento, la atención se centra en la batería. A medida que las innovaciones futuras aumenten, la utilización de barras colectoras fuera de la batería, estas nuevas aplicaciones crearán importantes oportunidades para que la soldadura por ultrasonidos aumente la calidad general del futuro diseño de unión en la arquitectura de barras colectoras. La soldadura por ultrasonidos, en particular la tecnología de soldadura torsional, permite soldar soldaduras de mayor tamaño, una vibración suave y la posibilidad de unir zonas de difícil acceso. Estas capacidades permitirán nuevas implementaciones de barras colectoras fuera de las baterías de los vehículos eléctricos a medida que la industria avance. La Figura 5 ofrece algunos ejemplos de cómo puede implementarse la soldadura por ultrasonidos en las futuras aplicaciones de los VE.

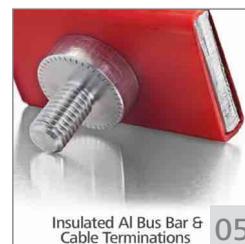
Empresas como Tesla, BMW y Ford están liderando el impulso para la utilización de barras colectoras fuera de la batería. Recientemente, la empresa de tecnología global APTIV adquirió la empresa italiana Intercable por unos 600 millones de dólares para perseguir con ahínco la utilización de barras colectoras para la distribución de alta potencia fuera de la batería. BMW se encuentra entre sus tres principales clientes, mostrando fuertes indicios de perseguir este nuevo método de distribución eléctrica. Hay un puñado de otras empresas que están trabajando en barras colectoras con blindaje en América y Europa.



Welding of 3D Terminal to Bus Bar



Mounting Solution for Electronic Components



Insulated Al Bus Bar & Cable Terminations 05

05 Futuras aplicaciones de la soldadura por ultrasonidos para barras colectoras en aplicaciones de VE

Desafíos para las aplicaciones fuera de la batería

- Las barras colectoras fuera de la batería necesitan un blindaje que no está disponible hoy en día, ya que las baterías tienen una carcasa sellada y blindada contra interferencias electromagnéticas
- Existe un problema cuando hay que doblar las barras colectoras en proximidad: pueden ser demasiado rígidas o dañarse en la esquina doblada
- El proceso de atornillado requiere piezas añadidas y un valor de par de apriete específico. Las barras colectoras con orificios para pernos pueden sustituirse por aplicaciones de barras colectoras fuera de la batería
- Las barras colectoras de Al requieren un revestimiento para el orificio del perno debido a la corrosión
- Terminación de conectores a barra colectoras sólida para facilitar la automatización
- La automatización aún no es totalmente posible debido al blindaje
- Es posible que se requieran nuevas normas y validación para la soldadura y el ensamblaje

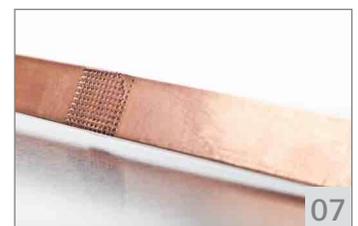
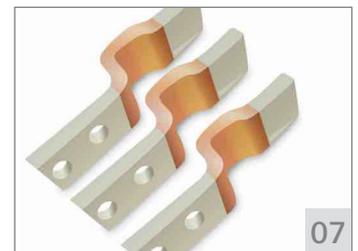
Aplicaciones actuales de la soldadura por ultrasonidos en barras colectoras

La tecnología de soldadura por ultrasonidos es un proceso de unión de eficacia probada que los fabricantes de automóviles especifican cada vez más para su uso en vehículos eléctricos para conexiones de cables a terminales, barras colectoras, fabricación de baterías y electrónica de potencia. La soldadura lineal es la técnica más tradicional y conocida, usada por todos los fabricantes de equipos como proceso estándar para la soldadura de cables. Sin embargo, como muchos otros procesos de unión, la soldadura lineal presenta limitaciones de tamaño, dificultades para soldar en áreas más pequeñas y determinadas formas geométricas, problemas con la orientación de la soldadura y efectos de las vibraciones en los componentes periféricos. Las tecnologías Torsional SONIQTWIST® y PowerWheel® de Telsonic han aportado soluciones innovadoras para aplicaciones de unión en vehículos eléctricos que antes eran imposibles. Estas técnicas innovadoras permiten muchos diseños de unión con relación a las aplicaciones de barras colectoras que serían imposibles con la soldadura lineal. Ya existen aplicaciones de barras colectoras más pequeñas que usan actualmente la soldadura por ultrasonidos para la unión. La soldadura por ultrasonidos es el proceso de unión preferido para muchas barras colectoras, como las barras planas flexibles de hasta 160 mm².

En el futuro, habrá muchas aplicaciones nuevas que usen la soldadura por ultrasonidos en la implementación de barras colectoras para cables de un arnés. A continuación se describen algunos de los usos actuales de la soldadura por ultrasonidos en la aplicación de barras colectoras.

1. Solidificación de barras colectoras flexibles

Las barras colectoras flexibles deben solidificarse en la sección de unión para conectarla (unirla) a un cable estándar o a un conector. En algunos casos, la unión al cable o a la terminal y las solidificaciones pueden realizarse en un solo paso de soldadura. Dependiendo de la dimensión total de la barra colectoras flexible, la soldadura de metales por ultrasonidos puede ser una solución económica y de alta calidad. Usando un proceso de soldadura torsional, se puede soldar material de hasta 200 mm² de sección transversal. Esta técnica de soldadura evita el endurecimiento del material de unión, que podría causar fragilidad y cambios notables en las propiedades del material. Además, la solidificación puede automatizarse con equipos Telsonic, como el TT7 PowerWheel®, como se muestra en la aplicación de las Figuras 6 y 7.



06 TT7-Telsonic PowerWheel®

07 Barra colectoras flexible solidificada y barra colectoras maciza soldada a barra colectoras maciza utilizando TT7 Telsonic PowerWheel®

2. Soldadura de barras colectoras a cables estándar

Hay aplicaciones en las que la barra colectoras se suelda a los cables naranjas que se soldarán a los conectores de corriente. La Figura 8 muestra un ejemplo de un cable corto soldado con el cable trenzado. Soldar un cable corto en ambos extremos puede presentar inconsistencias en la calidad de la soldadura, ya que la primera soldadura puede debilitarse debido a las vibraciones causadas por la segunda. La USCAR-38 exige pruebas para los cables de menos de 500 mm de longitud. Con la Telsonic PowerWheel, la soldadura torsional proporciona unas vibraciones tan suaves que los estudios demuestran que el efecto es mucho menor, tanto para los cables trenzados como para las barras colectoras flexibles, en función del diseño de las terminales (ver la Figura 9). Esto permite soldar cables más cortos y conectores adecuados.



08

08 Cable corto (200 mm) soldado en ambos extremos

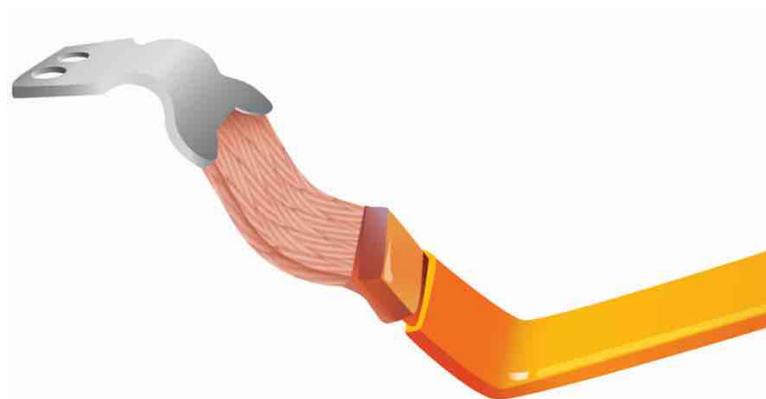


09

09 Barra colectoras maciza soldada a cable estándar (presentación Congreso APTIVE_NA)

3. Soldaduras al cable trenzado plano

En algunos casos, en lugar de cables naranjas, los fabricantes usan un cable trenzado plano. El cable trenzado plano se suelda y se corta en trozos automáticamente con una longitud específica y soldaduras en ambos extremos (ver la Figura 10). Un cable trenzado con soldaduras en ambos extremos también se conoce como derivación. La ventaja de fabricar las derivaciones con soldadura por ultrasonidos es que se produce un calor mínimo al fabricar la derivación y al soldarla a una barra colectoras (ver la Figura 11). Así se evitan los filamentos quebradizos y el mellado de sus hebras excepcionalmente finas debido al calor de la soldadura por resistencia, otra técnica que puede utilizarse.



11 Barra colectoras sólida conectada a puente trenzado plano

11



10



10

10 Cable trenzado plano solidificado y soldado por ultrasonidos

Aplicaciones y capacidades de la soldadura torsional para barras colectoras

Las láminas flexibles de las barras colectoras están laminadas/revestidas con materiales tales como el cobre para evitar problemas de oxidación. En el caso de las barras colectoras macizas, debe haber un revestimiento para la sección de conexión de los orificios de los pernos. En los casos de barras colectoras macizas de aluminio, el contacto de conexión debe ser de cobre. Por lo tanto, se usa una arandela de cobre y se conecta a la barra colectoras con soldadura torsional (ver la Figura 12). La probada técnica SONIQTWIST® junto con la soldadora TSP de Telsonic (Figura 13) pueden usarse para esta aplicación.

El fabricante de automóviles británico, Jaguar, usa actualmente las capacidades de la soldadura torsional empleando SONIQTWIST® y PowerWheel® para los ensamblajes de barras colectoras para distribuciones eléctricas. La empresa usa barras colectoras en lugar de cables de cobre para reducir significativamente el peso y el costo de su automóvil deportivo F-TYPE (ver la Figura 14). Cada barra colectoras conduce la electricidad desde la batería de la cajuela del vehículo hasta los equipos eléctricos del compartimiento del motor. Dado que el aluminio tiene una densidad relativa significativamente menor que el cobre, la barra sólo pesa entre un 40 y un 60% del cable de cobre convencional. Solo para la conexión de la batería, esto puede suponer una reducción de peso de hasta 3 kilogramos.

Conclusión

El mercado de los vehículos eléctricos, innovador y en rápido crecimiento, exige soluciones nuevas y en desarrollo para los retos por venir. Pronto, la utilización de barras colectoras de alta tensión sustituirá a algunas aplicaciones actuales de terminaciones con cables de alta tensión. A medida que la industria avanza hacia el uso de barras colectoras fuera de la batería, surgirán nuevos retos antes de que se establezca la normalización de los arneses de barras colectoras en la industria automotriz. Se presentarán retos a todos los niveles, incluidos los fabricantes de equipos de soldadura, ya que las nuevas aplicaciones exigen soluciones de soldadura más innovadoras. Pero los nuevos procesos e ideas permitirán soluciones más eficaces y económicas para los cables de un arnés en el mercado de los vehículos eléctricos. La soldadura torsional se ha convertido en un proceso de unión importante en la industria. Además de las soluciones para las terminaciones de los cables de las baterías con una variedad de conectores, la tecnología ha proporcionado soluciones de soldadura para controlar el peso de los vehículos eléctricos, el empaque de las baterías, las barras colectoras, la fabricación de baterías y la electrónica de potencia. Las capacidades de aplicación se han expandido más allá de lo que se imaginaba. A medida que los diseñadores de productos y los ingenieros de procesos sigan familiarizándose con el proceso de soldadura torsional y sus capacidades, la tecnología se posicionará para ayudar a impulsar la industria de los vehículos eléctricos hacia mayores alturas. Una relación de trabajo más estrecha entre los fabricantes de equipos originales, los proveedores de primer nivel y los proveedores de equipos es imprescindible para avanzar en la utilización de las barras colectoras. Seguramente, con el tiempo sabremos más y se introducirán ideas innovadoras, pero sin duda la soldadura por ultrasonidos formará parte de las soluciones para alcanzar los objetivos en costos de material, reducción de peso y espacio, y procesos de fabricación menos intensivos en cuanto a la mano de obra.

Por Saeed Mogadam, Consejo Asesor, Telsonic Solutions LLC.

Este artículo apareció en la revista Wiring Harness News, número de enero de 2023.



12 Telsonic SONIQTWIST® TSP

13 Tuerca de Cu soldada sobre barra colectoras de Al con el soldador torsional SONIQTWIST® de Telsonic (Presentación en el Congreso APTIV_NA)

14 Perno de conexión Leoni soldado a la barra colectoras