

Einsatz des PowerWheel® für Kabelanschlüsse in Elektrofahrzeugen

KUNSTSTOFFSCHWEISSEN

METALLSCHWEISSEN

SCHNEIDEN

REINIGEN

SIEBEN



Nord Billerica (USA), 11/2022

Das Ultraschallschweissen von Buntmetallen ist seit Jahrzehnten eine bewährte Technologie. Seit den frühen 1980er Jahren dominiert das Ultraschallschweissen von Metallen jedoch die Automobilindustrie, wobei die Hersteller von Kabelbäumen der grösste Einzelanwender dieser Technologie sind. Aufgrund seiner Effizienz und unschlagbaren Qualität hat das Ultraschallschweissen das mechanische Crimpen und Widerstandsschweissen bei allen Automarken fast sofort nach seiner Einführung ersetzt. Die Anwendung des Ultraschallschweissens bei Kabelbäumen in der Automobilindustrie hat in den letzten zehn Jahren aufgrund der Zunahme von Elektrofahrzeugen (EV) ein noch schnelleres Wachstum erfahren. Die innovative und branchenverändernde Technik von Telsonic des torsionalen Schweissens hat in grossem Masse zu diesem rasanten Wachstum beigetragen, da sie in der Lage ist, Herausforderungen wie die Grösse der Schweissnaht, das Schweissen in kleineren Bereichen, geometrische Formen, das Erreichen des Schweissbereichs, die Ausrichtung der Schweissung und die Auswirkungen von Vibrationen auf periphere Komponenten zu meistern.

Die Telsonic Technologie des torsionalen Schweissens hat viele der derzeitigen Einschränkungen beim Längsschweissen überwunden und bahnbrechende Anwendungen geschaffen, die vor dem letzten Jahrzehnt als unmöglich galten oder nicht den Qualitätsstandards entsprachen. Jetzt wird die Technologie zunehmend von Automobilherstellern für den Einsatz in Elektrofahrzeugen spezifiziert, um das Gewicht zu kontrollieren, Batterien zu verpacken, Kabel mit Klemmen zu verbinden, Stromschienen zu verlegen, Batterien herzustellen und Leistungselektronik zu betreiben. Die höhere Leistung und das schnellere Laden von EV-Batterien erfordert grössere Batteriekabel mit manchmal unkonventionellen Steckern. Die PowerWheel® Schweissttechnologie von Telsonic, bei der das torsionale Schweissen zum Einsatz kommt, bietet eine solide Montagelösung, die den hohen Qualitätsanforderungen in der Automobilindustrie gerecht wird.

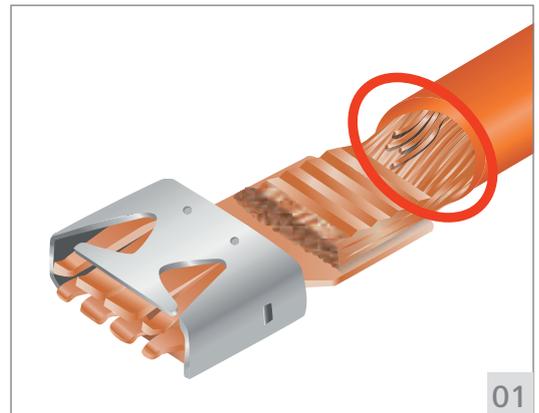
Herausforderungen der Längsnahtschweissung mit grösseren Kabeln

Beim Schweissen grösserer Kabel gibt es mehrere Schwierigkeiten zu überwinden. Dazu können gehören:

1. Je grösser die Schweissnahtbreite ist, desto besser wird die Schwingungsenergie übertragen, um das Kabel und den Stecker zu verbinden. Da es jedoch Grenzen für den Anschluss gibt, gibt es auch Grenzen dafür, wie gross die Sonotrode (vibrierendes Werkzeug) sein kann. Je breiter die Schweissnaht ist, desto stärker können die Litzen im Übergangsbereich der Schweissnaht eingekerbt werden. Die Oberfläche des Steckers, seine geometrische Form und die Ausrichtung der Schweissnaht erhöhen die Herausforderungen noch weiter.
2. Je grösser das anzuschliessende Kabel ist, desto grösser müssen die Generatorleistung und die Schweisskraft sein. Für Kabelgrössen von 150 mm² benötigen wir Generatoren mit einer Leistung von über 10 kW und Kräften bis zu 8000 Newton. Eine solch hohe Kraft ist für konventionelle Schweissgeräte nicht tragbar, wenn sie nicht direkt auf den Schweissbereich einwirkt. Andernfalls ist es aufgrund der starken Biegung der Sonotrode unmöglich, eine gleichbleibende Schweissqualität zwischen dem Kabel und dem Stecker herzustellen.

3. Herkömmliche Schweißgeräte lassen nur eine Ausrichtung zu und schränken damit die Möglichkeiten für unterschiedlich gestaltete Anschlüsse und die Ausrichtung der Schweißung ein. Die PowerWheel® Technologie von Telsonic bietet mehr Freiheit für den Zugang zu den zu schweisenden Teilen aufgrund der Ausrichtung der Werkzeuge und der Schwingung und bietet somit eine Lösung für jede dieser Herausforderungen. Die Werkzeugausrichtung des PowerWheel® ermöglicht das Schweißen auf Oberflächen, die mit konventionellen Schweißverfahren nur schwer zu erreichen sind.

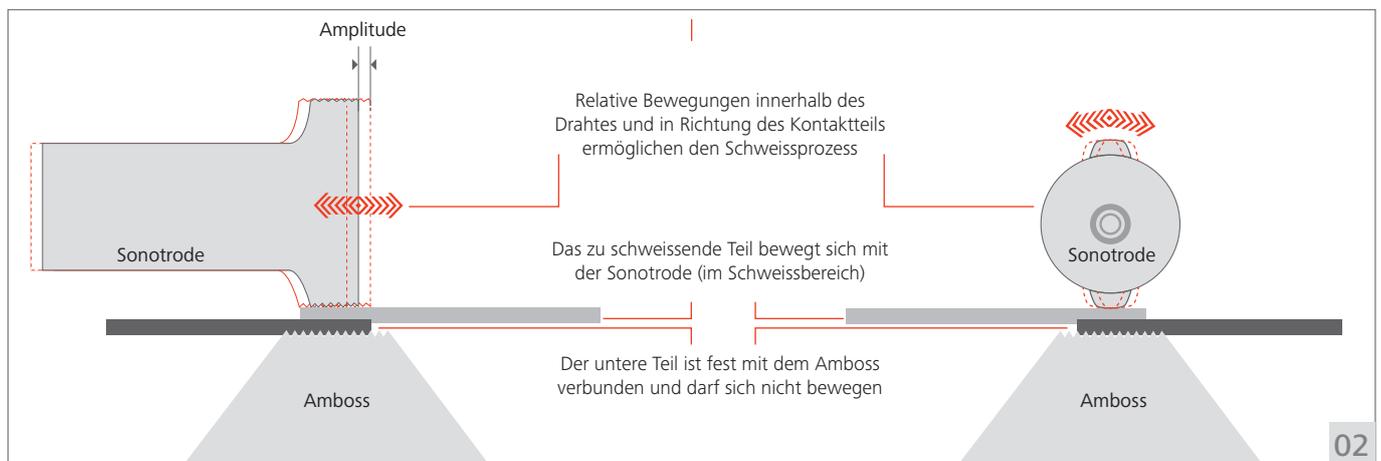
4. Selbst wenn keine der oben genannten Herausforderungen vorliegen, gibt es immer ein Qualitätskriterium, dessen Erfüllung ein Problem darstellen kann. Durch die relative Bewegung der Sonotrode, die als Amplitude bezeichnet wird, wird ein Scheuern/eine Reibung zwischen den Oberflächen der Teile erzeugt. (siehe Abbildung 2). Die Amplitude beim konventionellen Schweißen ist im Übergangsbereich zum Schweißen am höchsten. Dies kann beim Schweißen grösserer Kabel mit einer vorgegebenen Schweißbreite und hoher Leistung und Kraft ein Problem darstellen. Die höhere Amplitude in der Nähe des Beginns des Schweißknotens führt zu einem Einkerbigen der Kabellitzen aufgrund der extremen Extrusion der Litzen (siehe Abbildung 1).



01 Gebrochene oder abgeschnittene Litzen

Linearer Schweißprozess

Torsionales Schweißverfahren (PowerWheel®)

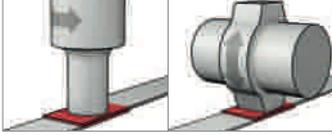


So funktionieren lineares und torsionales Schweißen

Abbildung 2 veranschaulicht die Grundlagen der Funktionsweise des Längsschweißens (linear) und ist wichtig für das Verständnis der Unterschiede zwischen dem herkömmlichen Längsschweißen und der innovativen PowerWheel® Schweißtechnologie von Telsonic.

- Der Begriff „Amplitude“ beschreibt das Ausmass der Bewegung der Sonotrode – Ausdehnung und Kontraktion.
- Die Amplitude korreliert mit dem Scheuereffekt an der Schnittstelle der Schweißnaht. Diese Bewegung in Kombination mit Druck ermöglicht den Schweißprozess.

Wesentliche Unterschiede zwischen dem linearen und dem torsionalen Schweißen (Tabelle 1)

| Beschreibung | Lineares System | SONIQTWIST® (TSP) PowerWheel® | Vorteile |
|--------------|---|--|---|
| Presskraft | Indirekte Kraft Maximale Presskraft 5000 N | Direkte Kraft Presskraft bis zu 8000 N Am höchsten in der Mitte | Direkte Kraft und die höchste Amplitude in der Mitte der Schweissnaht ermöglichen grössere Schweissnähte mit sanfter Schwingung |
| Amplitude | Verbiegen des Umwandlers durch Presskraft Am höchsten am Ende des Horns | Am höchsten in der Mitte | Weniger Belastung im Übergangsbereich |
| |  Linear |  SONIQTWIST® PowerWheel® | |

PowerWheel® für Kabelanschlüsse

Die PowerWheel® Schweißtechnologie nutzt ein innovatives Konzept, um die Sonotrode zum Schwingen zu bringen, die torsional angeregt wird. Dank einer skalierbaren Schweißleistung von 7.2 kW bis 14.4 kW kann für jede Anwendung die optimale Schweißleistung gewählt werden. Die torsionale Technologie ermöglicht das Schweißen von grösseren Schweissnähten, Stromschiene, 3D-Klemmen, mehr geometrischen Formen, schwer zugänglichen Verbindungsbereichen und Anwendungen, bei denen sanfte Schwingungen erforderlich sind. Dies hat das Anwendungsspektrum von Ultraschall erheblich erweitert. Viele Verbindungen, die bisher mit konventionellem Längsschweißen unmöglich waren, sind jetzt möglich.

Vorteile der PowerWheel® Schweißtechnologie

Im Vergleich zu einem linearen System können damit bis zu 30% schmalere und höhere Schweissungen durchgeführt werden. Dies kann oft zu beträchtlichen Einsparungen bei Material und Platzbedarf beim Aufstellen der Baugruppe führen. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, dickere Kontaktteil-Verbindungen mit höherer Stärke zu schweißen. Das Schweißen erfolgt in einer wiegenden und rollenden Bewegung direkt über dem Nahtbereich. Demzufolge befindet sich die maximale Amplitude stets im Zentrum des Schweissbereichs und die Energie wird innerhalb des Schweissbereichs ausgerichtet und fokussiert. Durch die direkte Kraft an der Schweissstelle und die geringere Amplitude im Schweissknoten-Übergangsbereich kann das Schweißgerät mehr Energie für ein grösseres Kabel nutzen, da die Drahtlitzen, wenn überhaupt, nur minimal beschädigt werden. Durch die torsionale Bewegung der Sonotrode gibt es praktisch keine Belastung der Umgebung des Schweissbereichs durch den Ultraschall. Das torsionale Verfahren eignet sich daher besonders für empfindliche Anwendungen, bei denen Schwingungen ausserhalb des Schweissbereichs Schäden verursachen könnten. Die langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schwingungen entlang der Kabelachse macht PowerWheel® gerade für kürzere Kabel wünschenswert. Bei kurzen Kabeln, die auf beiden Seiten geschweisst werden, besteht oft die Gefahr, dass die zweite Schweissnaht durch die Schwingungen der ersten Schweissnaht geschwächt wird. Im Jahr 2011 wurden Studien für 50 mm² Kabel mit 180 mm Länge unter Verwendung des PowerWheel® durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass kein Unterschied in der Schweissnahtfestigkeit der beiden Kabelenden festgestellt werden konnte. Darüber hinaus war die mechanische Festigkeit um etwa 30% höher als beim traditionellen Längsschweißverfahren.

Die standardisierten PowerWheel® Sonotroden von Telsonic sind für Kupfer- und Aluminiumdrähte optimiert und erfüllen die Anforderungen von Erstausrüstern und Kabelbaumherstellern sowie die Norm USCAR 38 (Leistungsspezifikation für ultraschallgeschweisste Kabelabschlüsse). Genau wie beim herkömmlichen Ultraschallschweißen kann das PowerWheel® System auch bei Buntmetall eingesetzt werden.

Die Vorteile des PowerWheel® Schweissens auf einen Blick

- Höchstleistung von bis zu 8 kN mit 14.4 kW
- Für Kabel mit grossen Durchmessern, grosse Kontaktteile/Rohrkabelschuhe
- Schweißen von bis zu 160 mm²-Kupfer-/200 mm²-Aluminiumkabeln
- Bis zu 30 % schmalere Schweißungen
- Erheblich verbessertes Verdichten von Litzen
- Hervorragende Schweißstärken
- Einstellbare Schweißrichtungen für universelle Kabeleinführungen
- Hervorragende Zugänglichkeit zum Schweißbereich



Notwendige Ausrüstung

Wie beim konventionellen Ultraschallschweißen verfügen die torsionalen Ultraschall-Schweißgeräte über einen Generator, einen Konverter und eine Sonotrode. Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen schwingt die Sonotrode jedoch nicht in Längsrichtung, sondern torsional, wodurch die Belastung der Teile reduziert wird. Gleichzeitig kann eine Ultraschalleistung von bis zu 14.4kW durch die Sonotrode geleitet werden. Folglich werden die von einem Generator bei torsionalen Verfahren erzeugten elektrischen Schwingungen zu einem PZT-Schwingungstransformator weitergeleitet, um durch einen piezoelektrischen Effekt in mechanische Schwingungen umgewandelt zu werden. Die Umwandlung der linear erzeugten Schwingungen in eine torsionale Bewegung erfolgt durch den Zusammenbau der akustischen Komponenten im SONIQTWIST® Schwingkopf in einer bestimmten Reihenfolge. Das neue Ultraschall-Metallschweißsystem PowerWheel® Telso®Terminal TT7 ist vielseitig und kann für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden, einschliesslich Kabelmontage und Batterieherstellung. Zu seinen Anwendungen gehören Hochspannungskabel, Batterieklemmen, 3D-Kontaktteile, Stromschienen- und Zellenhalter, die in einer Vielzahl von Ausführungen geschweisst werden.

Im kompakten und modernen Design bietet dieses modulare System eine Vielzahl von Vorteilen, einschliesslich einer hervorragenden Prozesskontrolle mithilfe digitaler Technologie, Standard-Benutzeroberflächen zur Kommunikation in digitalen Netzwerken und eine einfache Integration in Automatisierungssysteme. Das neue System umfasst standardmässig auch die neueste Version der bewährten PowerWheel®Schweisstechnologie von Telsonic, um einen Höchstgrad an Verlässlichkeit und eine optimale Prozesskontrolle zum Schweißen von Metallkabeln mit Querschnitten bis zu 200 mm² zu gewährleisten.

PowerWheel® Schweissttechnologie für Litzenanschlüsse – Anwendungsfälle in der Praxis

1. Geringe Schweissnahtbreite ohne Beschädigung der feinen Kabellitzen

In der in Abbildung 5 gezeigten Anwendung wird ein hochwertiges 35 mm²-ProEVTM-Kabel an einen Rosenberger-Stecker geschweisst, der nur wenig Platz für ein Kabel dieser Grösse bietet. Das ProEVTM-Kabel wurde aufgrund seiner hohen Flexibilität für diese Anwendung ausgewählt. Die verfügbare Schweissnahtbreite von 10 mm im Gegensatz zu 11 mm und die flexiblen, feineren Litzen stellten jedoch einige Herausforderungen dar. Es musste eine Lösung gefunden werden, die eine Schweissnaht auf kleinerem Raum ermöglicht, bei der die erforderliche Schweissnahtverdichtung erreicht werden kann, ohne die feineren Litzen im Bereich des Schweissnahtübergangs zu beschädigen.

Lösung:

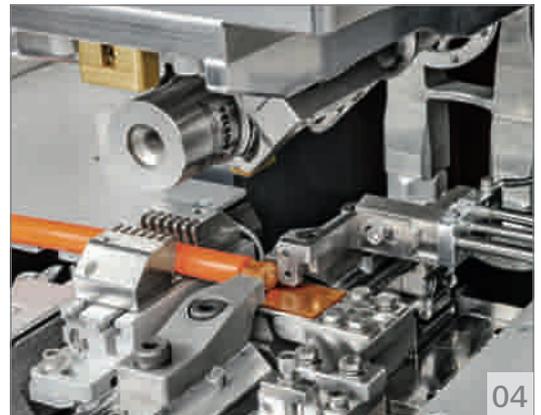
Die torsionale PowerWheel® Schweissttechnologie wurde eingesetzt, um eine qualitativ hochwertige Schweissnaht zwischen dem flexiblen ProEVTM-35 mm²-Kabel und dem 10 mm breiten Stecker zu erzielen. Die Konstruktion und Konfiguration der Werkzeuge mussten so gestaltet werden, dass die begrenzte Klemmkraft aufgrund des resultierenden Steckerradius kompensiert werden kann. Diese Konstruktions- und Konfigurationslösung für die Werkzeuge ermöglichte eine ausreichende Schweissenergie, um eine hochwertige Schweissnaht zu erzielen.

2. Schweissbereich ist unerreichbar

Das 90°-SQ4-Kontaktteil besteht aus einer C15100-Kupferlegierung ohne Plattierung im Schweissbereich. Bei dieser Anwendung mussten sowohl 35 mm²- als auch 50 mm²-Kabel geschweisst werden. Die Klemmenbreite des Kontaktteils für 50 mm² wurde von 13 mm auf 18 mm geändert, um eine Schweissbreite von 15 mm zu ermöglichen. Dies ermöglicht auch eine Klemmbreite von 1,5 mm auf jeder Seite des Kontaktteils unter Verwendung einer 15 mm-Sonotrode. Die Höhe des Steckers von etwa 17 mm stellte jedoch eine Herausforderung für den Freiraum der Sonotrode bei herkömmlichen Ultraschall-Längsschweissverfahren dar. Es ist physisch nicht möglich, eine lineare Sonotrode zu entwickeln, welche die Höhe von 17 mm freigeben und gleichzeitig die erforderliche Frequenz von 20 kHz bieten kann.

Lösung:

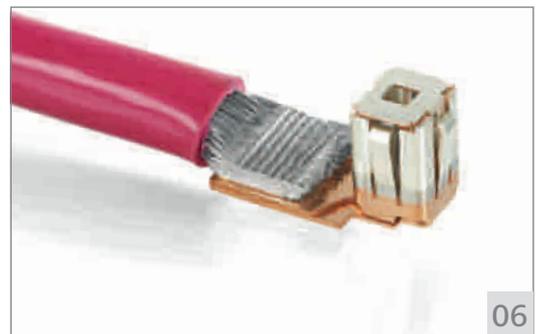
Das torsionale PowerWheel® System wurde verwendet, um die Steckerhöhe freizugeben und eine Schweissung einer hervorragenden Qualität zu ermöglichen, für 35 mm²- und 50 mm²-Kabel mit dem SQ4-Kontaktteil. Die Ausrichtung der Sonotrode ermöglicht einen Freiraum beim 90°-Kontaktteil und liefert eine ausreichende Schweissenergie, um eine hochwertige Schweissung zu ermöglichen, ohne die feineren Litzen im Übergangsbereich oder den Stecker selbst zu beschädigen. Dies liegt an der sanfteren Anwendung der Schwingungen.



04



05



06

04 PowerWheel® TT7 Schweissbereich

05 ProEVTM-Kabel, hergestellt von Promark Electronics, einem Geschäftsbereich von ECI, geschweisst an einen Rosenberger-Steckverbinder mit Silberbeschichtung

06 90°-SQ4-Kontaktteil, geschweisst an ein 50 mm²-Kabel



3. Weitere Beispiele für anspruchsvolle Anwendungen

Nachfolgend finden Sie einige weitere Anwendungen und Herausforderungen beim Ultraschallschweißen von Kontaktteilen auf Litzen, die das Telsonic PowerWheel® System bewältigen kann:

- ❶ Hochspannungskabelsatz mit Rohr-Kabelschuhen – Schweißen funktioniert nachweislich mit PowerWheel®
- ❷ Geschirmte Kabel – grössere Kabel bis zu 200 mm² in einem kleineren Schweißbereich sind möglich, wenn es Einschränkungen bei der Oberfläche des Steckers gibt
- ❸ Kurze, beidseitig geschweisste Kabel – Das Schweißen beider Enden eines kurzen Kabels durch lineares Schweißen könnte dazu führen, dass die Schwingungen der zweiten Schweißnaht die erste Schweißnaht brechen. Das torsionale Schweißen erzeugt weit weniger Schwingungen und ermöglicht daher das Schweißen von Kabeln mit einer Länge von nur 4 Zoll
- ❹ 3D terminal – PowerWheel® bietet den Vorteil eines besseren Zugangs zum Schweißbereich
- ❺ Abschliessbare Hochleistungs-Kontaktteile mit AI-Kabel – Das Royal Power Solutions Terminal, SQ4, ist in diesem Fall etwa 17 mm hoch.
PowerWheel® ist die Methode, um den Schweißbereich zu erreichen.
- ❻ Zweilitziges geflochtenes Anschlusskabel – geflochtene Drähte haben aussergewöhnlich feine Litzen, die ohne die sanfte torsionale Schwingung beschädigt werden können.

Der innovative und schnell wachsende Markt für Elektrofahrzeuge erfordert Neu- und Weiterentwicklungen für die kommenden Herausforderungen. Das torsionale Schweißen hat sich zu einem wichtigen Fügeverfahren in der Industrie entwickelt. Neben Lösungen für den Anschluss von Batteriekabeln mit einer Vielzahl von Steckern bietet die Technologie auch Schweißlösungen für die Gewichtskontrolle, die Verpackung von Batterien, Stromschienen, die Herstellung von Batterien und die Leistungselektronik bei Elektrofahrzeugen. Die Anwendungsmöglichkeiten haben sich über das hinaus erweitert, was man sich bisher vorstellen konnte. In dem Masse, in dem sich Produktdesigner und Prozessingenieure mit dem torsionalen Schweißverfahren und seinen Möglichkeiten vertraut machen, wird diese Technologie der Branche für Elektrofahrzeuge zu noch grösseren Höhenflügen verhelfen.



06 Saeed Mogadam,
TELSONIC Solutions,
LLC