

# ELEKTRONIK PRAXIS

www.elektronikpraxis.de

**Lacon**  
Die EMS-Manufaktur

Wissen.  
Impulse.  
Kontakte.

Februar 2017

## Ultraschallverdichten – Neue Wege in der Kabelkonfektion

Die Anforderungen an immer kleiner werdende Geräte erfordern intelligentere Verfahren als Crimpen, Löten oder Pressen.

### Verbindungstechnik im Wandel

Um mehr Daten bei höheren Geschwindigkeiten zu übertragen, verändert sich das Systemdesign. **Seite 8**

### Entspannung nach Norm

Elektrostatisch aufgeladene Kabel können gefährlich werden. Doch es gibt eine geeignete Abhilfe. **Seite 24**

### Zeitsparender Alleskönner

Der Kompakt-Schaltschrank AE von Rittal ermöglicht die optimierte und webbasierte Konfiguration. **Seite 30**

Neue  
Möglichkeiten,  
sehen Sie selbst!  
**DIGIKEY.DE/NEW**

**Digi-Key**  
ELECTRONICS



## TITELSTORY

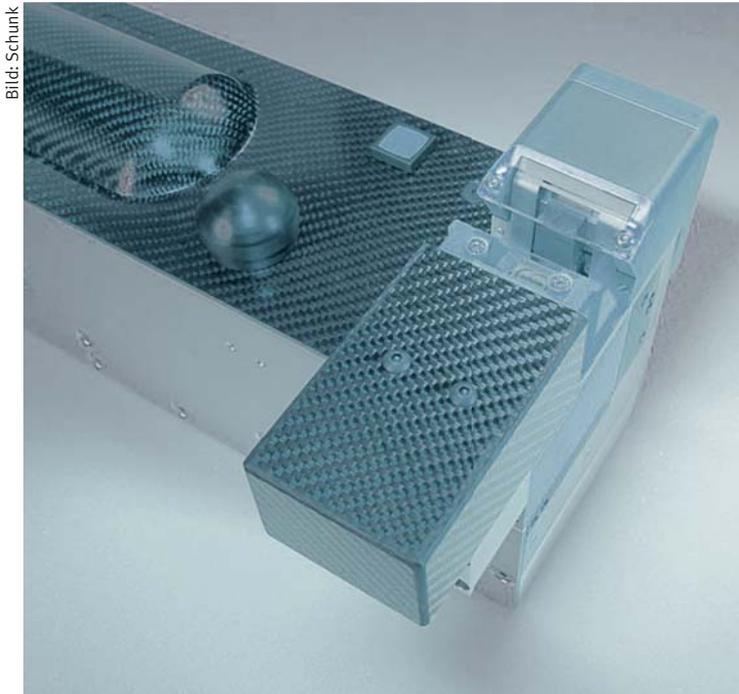
Ein althergebrachtes Verfahren in der Herstellung elektrischer Verbindungen ist etwa das Crimpen, bei der die Verbindung gasdicht ist. Die durch Verformung der Crimp-Hülse und feindrahtigen Leitung entstehende Struktur ist so weitgehend vor Sauerstoff und vor Korrosion geschützt. Nicht selten werden aber besondere Anforderungen an eine elektrische Verbindung gestellt. Hier hat das Ultraschallverdichten der Litzen-Drähte gegenüber klassischen Techniken Vorteile; neben Platzersparnis bis 90% am Kontaktpunkt erzielt dieses Verfahren die bisher höchste Festigkeit mit optimalen Eigenschaften.

Bild: © djite/fotolia.com

# Ultraschallverdichten – Neue Wege in der Kabelkonfektion

*Die Anforderungen an immer kleiner werdende Geräte erfordern intelligentere Verfahren als Crimpen, Löten oder Pressen. Dieser Artikel stellt die Entwicklung des Ultraschallverdichtens vor.*

ALEXANDER OSTERMEIER \*



**Bild 1:** Schunk Sonarsystems MINIC-IV Ultraschall-Schweißsystem inkl. Anti-Side-Splicing

**E**rinnern Sie sich noch, wie groß die ersten schnurlosen Festnetztelefone waren? Oder denken Sie an die ersten Handys oder Personal Computer der achtziger und neunziger Jahre? Plakativ gesagt: Was heute in eine Streichholzschachtel passt, brauchte damals noch den Raum einer Waschmaschine.

Mit der Miniaturisierung haben sich nicht nur die Bauteile verändert. Ganze Technologien wurden auf den Kopf und vor die Herausforderung gestellt, dieselbe – oder eine

höhere Leistung – auf kleinerem Raum abzubilden. Seltsamerweise schien diese Entwicklung auf die Elektromechanik, also den klassischen Bereichen der Kabelkonfektionierung und des Schaltschrankbaus, nur mäßig Einfluss genommen zu haben. Wer zwei Kabel miteinander verbinden will, braucht nun einmal Buchse und Stecker, seien die Litzen gelötet oder gecrimpt.

Dieser Artikel stellt die Entwicklung des Ultraschallverdichtens (USV) vor, die Kabelverbindungen ohne Steckverbinder oder Löten erlaubt.

Der Trend zur Miniaturisierung macht auch vor der EMS-Branche nicht Halt, und wird vor allem für die Spezialisten im Gerätebau und Konfektionierungsbereich von zunehmender Bedeutung. Die Anforderun-

gen an immer kleiner werdende Geräte erfordern intelligentere Verfahren als Crimpen, Löten oder Pressen.

## Ultraschallverdichten zählt zum Kalt-Press-Schweißen

Das Ultraschallverdichten zählt als Sonderverfahren zum Kalt-Press-Schweißen nach DIN 8593-6 und DIN 1910-11, DIN 1910-100 und ist als Schweißen in fester Phase zwischen dem Kalt-Press-Schweißen und dem Reib-Schweißen eingeordnet. Der Unterschied zwischen „Verdichten“ und „Schweißen“ besteht darin, dass man unter Ultraschallschweißen das Verfahren an sich versteht, bei welchem Kabel und Litzen durch mechanische Schwingungen zu einer festen Verbindung verdichtet werden. Dem-



\* Alexander Ostermeier  
... ist Business Development Manager bei Lacon in den Bereichen Leiterplattenbestückung, Konfektionierung, HotMelt, Lackieren und Verdichten.

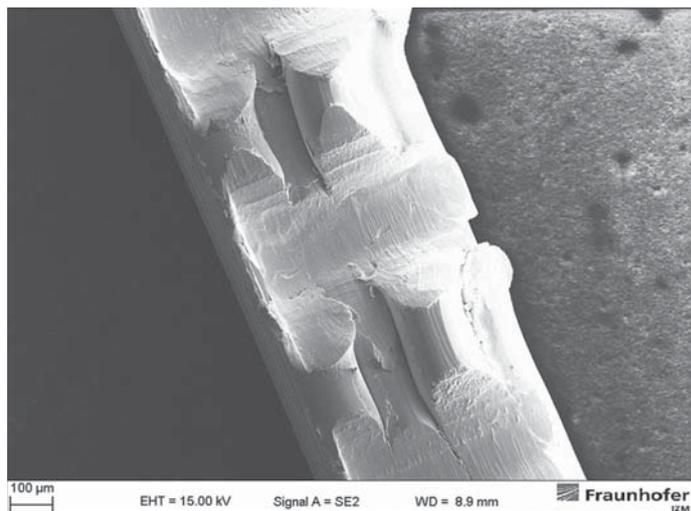
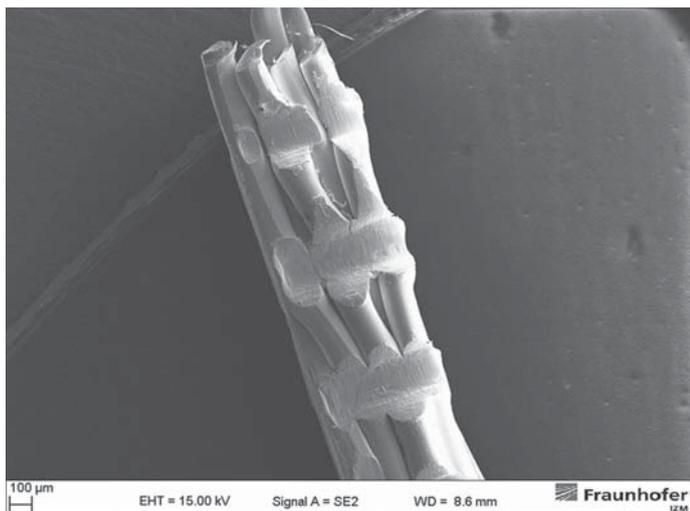


Bild: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

**Bild 2:** Elektronenmikroskopische Vergrößerung der verdichteten Kabellitzen



Bild: Lacon

**Bild 3:** Drei ultraschallverschweißte Adern

nach wird das Verdichten mittels des Ultraschallschweißprozesses nach folgenden Kriterien umgesetzt:

- sehr hohe Reibgeschwindigkeit von ca. 0,8 bis 2,0 m/s
- geringe Anpresskraft von 500 - 2000 N
- kein Aufschmelzen der Werkstoffe
- echt-metallische Verbindung

Dabei werden die abisolierten Kabellitzen ohne jegliches Fremdmaterial direkt miteinander molekular verbunden. Beim Schweißvorgang selbst fügen sich thermoplastische Kunststoffe und verschiedene Metalle durch die beim ultrahochfrequenten Schwingungs-

vorgang erzeugte thermonukleare Reaktion gasdicht zusammen. Technisch gesehen entspricht dieses Vorgehen dem des Bonding, das seit Jahren in der Halbleiterindustrie eingesetzt wird.

Die Hochfrequenzschwingung erzeugt zum Beispiel zwischen den Einzeladern zweier zu verbindender Kabel aufgrund des Reibungsvorgangs und Anpressdrucks die Wärme und molekulare Fügung der Materialien, so dass die Einzeladern miteinander „kalt verpresst“ werden. Damit gehört das Ultraschallverdichten in die Gruppe der Reibschweißungen.

Es ergeben sich zahlreiche Vorteile durch den Einsatz dieser Technologie:

Kosten lassen sich auf praktisch allen Ebenen des Arbeitsprozesses reduzieren: da verglichen zum Widerstandsschweißen nur circa 10 % der Energiekosten pro Verbindung aufgebracht werden müssen, ist das Ultraschallverdichten zudem auch unter dem Aspekt der Umweltverträglichkeit hervorzuheben. Das Prozedere pro Litzenpaar (42-adrig) verbraucht lediglich eine Energiemenge von 1,367 kW/m<sup>2</sup>. Des Weiteren werden keine Fremdmaterialien wie Aderendhülsen, Crimpkontakte oder Steckverbinder benötigt, wie beim Löt- oder Crimpen.

Auch überzeugt das Verfahren durch eine umfassende Prozesskontrolle und ein Prozessdatenmanagement und ermöglicht das Schweißen verschiedenster Werkstoffpaarungen.

Einkaufsartikel werden reduziert und Stücklisten gewinnen an Übersichtlichkeit. Es entfallen jegliche Einmalkosten für Press- und Crimpwerkzeuge.

### Wilde Schwingungen erzeugen Wärme, die zusammenschweißt

Der ultrahochfrequente Schwingungsvorgang erzeugt Reibungswärme, durch welche die abisolierten Kabellitzen zusammenschweißt werden. Die Schwingungen werden auf eine sogenannte Sonotrode übertragen, wodurch die Litzen unter einem definierten Anpressdruck verdichtet werden. Mit der Sonotrode wird ein großer Querschnittsbereich erreicht und damit ein breites Einsatzspektrum.

Es besteht die Möglichkeit der Kombination mit verschiedenen Materialien. In diesem Zusammenhang ermöglicht das Ultraschallverdichten innovative Verbindungstopologi-

*„Der Trend geht zum EMS-Provider als Engineering-Partner, der Kunden bei Technologie-Innovationen unterstützt.“*

*Alexander Ostermeier, Business Development Manager Lacon Gruppe*

Bild: Lacon

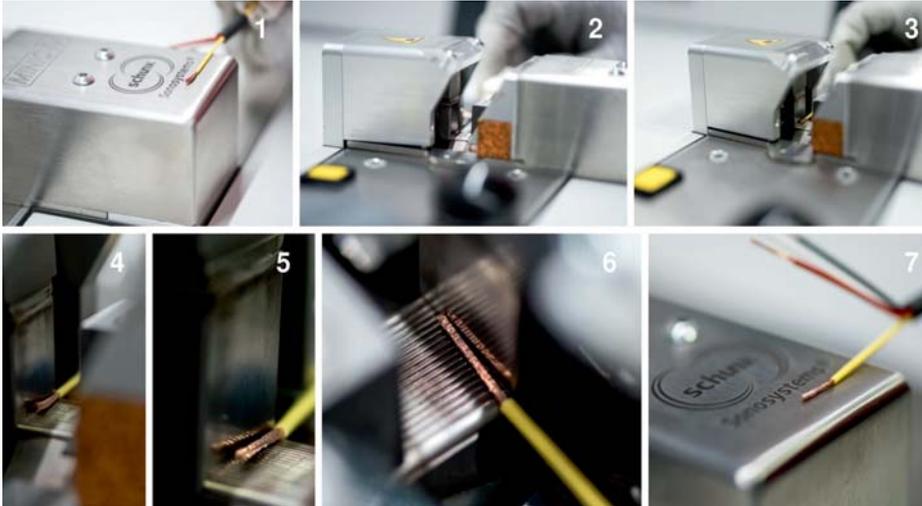


Bild 4: Funktionaler Ablauf beim Ultraschallverdichten

en. In Abhängigkeit von der Kabelqualität bietet die von Lacon eingesetzte Ultraschall-Metallschweißanlage das stufenlose Verschweißen von Kabellitzen mit Verbindungsquerschnitten von 0,26 bis 15 mm<sup>2</sup> an. Das Schweißmodul verfügt über ein programmgesteuertes, variables Ambosssystem.

Die für den Ultraschallschweißprozess benötigte, hochfrequente Spannung über 20 kHz wird mittels eines Hochfrequenzgenerators erzeugt. Der Generator ist in ein 19-Zoll-Einschubgehäuse integriert. Mittels eines piezoelektrischen Schallwandlers wird die elektrische Schwingung in eine mechanische umgewandelt. Unter dem Piezoeffekt versteht man die Fähigkeit der Induktion elektrischer Ladung an die Oberfläche unter mechanischer Spannung, welche bei bestimmten kristallinen Materialien auftritt.

Die Technologie der Ultraschallverschweißung beruht auf dem System der Resonanzfrequenz des Schwinger-Systems, das heißt, dass alle Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen, um die größtmögliche Wirkungsweise zu erzielen.

In der Funktionsdarstellung zum Wirkprinzip des Ultraschallschweißens (siehe Bild) werden die zwei zu verdichten Litzen unter geringem Druck an ihren Berührungsfächen gegeneinander gerieben, indem sich die längsschwingende Sonotrode zum Amboss bewegt, welcher sich relativ ruhig über der Tuschierplatte hin und her bewegt.

Die Füge­teile werden aneinander angenähert, indem sich der Seitenschieber je nach Größe des Litzenquerschnitts nach rechts Richtung Tuschierplatte bewegt, und diese gleichzeitig nach unten gezogen wird Richtung längsschwingender Sonotrode. Um ein Aufeinandertreffen der Profile (Seitenschieber und Sonotrode) zu verhindern, kann ein

Spaltmaß zwischen 0,02 bis 0,05 mm eingestellt werden, je nach Litzenquerschnitt.

### Aktivierung der Oberflächen und Austausch von Elektronen

Durch die Molekular- und Grenzflächenreibung und die plastische Verformung entsteht Wärme, die jedoch nicht stark genug ist für das Aufschmelzen der Stoffe. Bei einem Abstand der Kontaktflächen im Bereich von 4 bis 5 Å (0,5 nm) kommt es zu einer Aktivierung der Oberflächen und Austausch von Elektronen, wodurch eine feste, metallische Verbindung entsteht.

Durch die Übertragung der hohen Frequenzen auf die Litzen-Drähte kommt es nicht nur zur Reibung, sondern im ersten Moment auch zur Bewegung von Einzel-Drähten in Längsrichtung. Besonders bei kurzen Litzen, wie sie typisch für den Schaltschrankbau sind, kommt es zum Austreten („schießen“) von Einzeldrähten aus dem Litzen-Verbund bis zu mehreren Millimetern

### Finde den Fehler!

In diesem Artikel haben sich einige kleine inhaltliche Fehler versteckt! Finden Sie diese und geben Sie dem Autor eine Rückmeldung, ob diese Informationen über das Ultraschallverdichten nützlich für Sie waren und/oder was Sie kritisieren bzw. gefehlt hat. Als Dankeschön erhalten Sie einen Porzellan-Gewürzmörser von Maxwell & Williams zum Reiben und Verdichten. Schreiben Sie dazu eine E-Mail an [marketing@lacon.de](mailto:marketing@lacon.de)

Gut abgeschirmt muss sie sein!



**PFLITSCH**®

Der Spezialist für industrielle Kabelverschraubungen und Kabelkanäle



**blueglobe TRI**®

Überzeugt mit hohen Dämpfungswerten

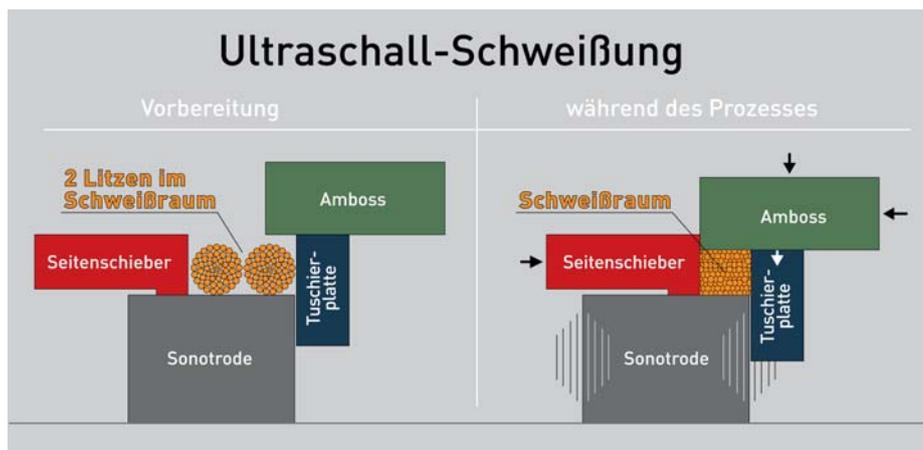


Bild: Lacon

Beschädigung, sondern auch vor Umwelteinflüssen. Wenn es um den Einsatz in rauer Umgebung geht, seien es Anforderungen an Temperatur, Feuchtigkeit, Vibration oder mechanischen Schocks, ist ein Komplettverschluss durchaus zu empfehlen.

### Ein bereits erprobtes Einsatzgebiet ist die Automobilbranche

Ein fester Bestandteil ist das Ultraschallschweißen bereits in der Automobilbranche. Im Bereich der Baumkuchenproduktion werden die Kabelsätze so an den Montagebrettern befestigt, dass sie mit der Schweißstation direkt bearbeitet werden können.

Das Verfahren wird branchenübergreifend regelmäßig für Litzen- und Terminalanwendungen eingesetzt, insbesondere wenn keine einfache Kabel-zu-Kabel-Verbindung mehr ausreicht. Dann müssen mittels Ultraschallverdichten mehrere Leitungen im Verkehrswegebund zum Beispiel als Dreier-, Vierer- oder Multikreuzungen aufgebaut werden, wodurch ohne Zusatzmaterial End- und Durchgangsverbinder hergestellt werden. Ebenso können Litzen und Terminals mit Sicherheitsanforderungen (Bsp. Hochstrom) effizient verbunden werden.

In der Anschluss- und Verbindungstechnik werden ultraschallverdichtete Kabel beispielsweise an Schraubklemmen oder Käfigzugfederklemmen angebunden. Hier ist das Verfahren eine echte Alternative zum mechanischen Crimpen oder Löten.

### Machbarkeitsanalyse und Innovation vom EMS-Anbieter

Trotz des genannten großen Einsatzspektrums und vieler Vorteile kann jedoch nicht jede Crimpverbindung ohne weiteres durch eine ultraschallverdichtete Verbindung ersetzt werden. Auch die dafür verwendeten Kabel müssen für den Prozess des Ultraschallschweißens geeignet sein. Ähnlich wie eine konventionelle Crimpverbindung muss auch eine Verschweißung auf deren Serientauglichkeit hin qualifiziert werden. Die Industrial Engineers der Lacon übernehmen diese Machbarkeitsanalyse für den Kunden und testen die entsprechenden Kabel auf ihre Einsetzbarkeit hin.

Die EMS-Anbieter müssen sich laufend den technologischen Möglichkeiten und sich verändernden Marktbedürfnissen anpassen. Aspekte wie Cost-Engineering und die Einbindung des EMS-Partners in den gesamten Entwicklungsprozess des Kunden trennen High-Tech-EMS-Dienstleister von den Lohnwerkern am Markt.

// JW

Lacon

Bild 5: Funktionsprinzip des Ultraschallverdichtens

bis Zentimetern Länge. Um diesen Effekten, aber auch dem Stress zwischen Werkzeug und Litzen-Drähten vorzubeugen, befindet sich an den Werkzeugen ein Profil, um die Einzeldrähte besser fixieren, bzw. dämpfen zu können.

Dieses Profil muss mit den werksseitig angebenen Abständen aufeinander eingestellt werden. Zusätzlich gibt es noch eine Neigung auf der Sonotrode, um das Spaltmaß für kleinere Litzen-Querschnitte zu minimieren, wenn der Seitenschieber weiter zuführt.

### Parametrierung und Schutz vor äußeren Einflüssen

Bei der Verarbeitung von Kupfer-Litzen ist zu beachten, dass durch die Handhabung und Lagerung (Oxid- und Schmutz-Schicht)

die Schweißergebnisse beeinflusst werden können. Bei Draht-Bündel-Verseilung werden schlechtere Resultate erzielt, wenn man den Energie-Bedarf nicht entsprechend erhöht. Die Parametrierung stellt das Ergebnis sicher:

- Frequenzhöhe des Schwinger-Systems
- Amplitude der Sonotrode
- Anpressdruck zwischen Sonotrode und Amboss
- Übertragungsenergie

Die verdichteten Kabel können mit HotMelt, einem Niederdruckspritzgussverfahren, vor äußeren Einflüssen geschützt werden. Dieses Verfahren begünstigt das sekundenschnelle Vergießen der Komponenten mittels des Einsatzes von Aluminiumformen.

Dieses HotMelt-Verfahren bietet der Isolierung nicht nur Schutz vor mechanischer



## Vorteile des Ultraschallverdichtens

- höchstmögliche mechanische Festigkeit der Verbindung
- herausragende elektrische Eigenschaften
- umweltfreundliches und ressourcenschonendes Verfahren
- Platzersparnis gegenüber Steck- und Crimpverbindungen von bis zu 90% am Kontaktpunkt
- keine Aderenhülsen, Crimpkontakte oder Steckverbinder nötig
- Reduzierung des Durchmessers der Kabelverbindung
- kleinstmöglicher Durchgangswider-

- stand bei homogener Verbindung
- großer Querschnittsbereich mit der Sonotrode
- Möglichkeit der Verbindung verschiedener Materialien
- Möglichkeit des Verbundes mit HotMelt-Umspritzung als Y-Verbindung oder Abzweigkonstruktion
- es fallen keine Kosten für Press- und Crimpwerkzeuge an
- es entstehen keine Kosten für Schliffbilder und Abzugstests
- Reduzierung der benötigten Einkaufsartikel, übersichtliche Stückliste