

Eine perfekte Lösung für Hersteller

Ultraschalltechnologie kurz erklärt

KUNSTSTOFFSCHWEISSEN

METALLSCHWEISSEN

SCHNEIDEN

REINIGEN

SIEBEN



Bronschhofen (CH), 10/2022

Die Welt der Fertigung verlässt sich schon seit vielen Jahren auf die Ultraschalltechnologie. Heute werden unzählige Produkte mit dieser leistungsstarken und flexiblen Technologie geschweisst, verbunden, geschnitten, versiegelt und gereinigt. Wie bei vielen anderen Prozessen wird diese Technologie, wenn sie einmal etabliert ist, im Allgemeinen als selbstverständlich angesehen. Die Benutzer wenden sie an und wissen, dass sie funktioniert. Sie schauen aber nie wirklich hinter die Kulissen, um herauszufinden, wie und warum sie funktioniert. Dieser Artikel von Reinhard Züst von Telsonic beleuchtet die Wissenschaft hinter der Technologie und gibt einen wertvollen Einblick in diesen leistungsstarken Herstellungsprozess.

Um zu verstehen, wie die Ultraschalltechnologie funktioniert, müssen wir zunächst das Grundprinzip des Schalls verstehen, nämlich dass jede Druckänderung in der Luft, im Wasser oder in einem anderen Medium Schall ist. Jede Druckänderung breitet sich durch ein elastisches Medium aus. Die Anzahl der Druckänderungen pro Sekunde wird als Schallfrequenz bezeichnet und in Hertz (Hz) gemessen. Die Frequenz des Schalls erzeugt einen charakteristischen Ton. Wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit und -frequenz des Schalls bekannt sind, kann seine Wellenlänge berechnet werden.

Schall ist nur dann hörbar, wenn er unsere Ohren erreicht und das Trommelfell mit maximal 20'000 Schwingungen pro Sekunde anregt. Zu langsame Vibrationen, d.h. weniger als 30 pro Sekunde, sind ebenfalls unhörbar.

Wann immer die Schwingungen einer Schallquelle unhörbar schnell auftreten, sprechen wir von Ultraschall. Der Infraschallbereich ist < 20 Hz, der hörbare Bereich liegt zwischen 20 Hz und 20'000 Hz (= 20 kHz), der Ultraschallbereich reicht von 20 kHz bis 1'000 MHz (= 1 GHz) und der Hyperschallbereich ist > 1 GHz.

Für industrielle Ultraschallanwendungen liegt der Bereich zwischen 20 und 150 kHz. Zum Vergleich: Medizinische Diagnose, Therapie und zerstörungsfreie Materialprüfung nutzen den Frequenzbereich zwischen 1 und 15 MHz.

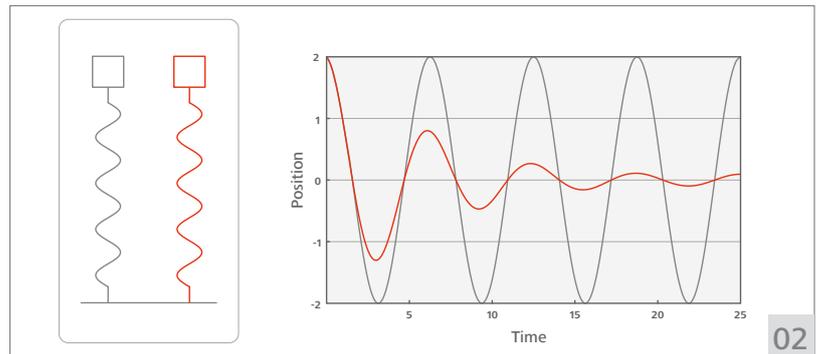
Die Anwendungsmöglichkeiten von Ultraschall sind vielfältig. Die Technologie wird für Tiefenmessgeräte – bekannt als Sonar –, für die zerstörungsfreie Materialprüfung sowie für die Füllstandsüberwachung von Flüssigkeiten und Schüttgut eingesetzt. Es gibt auch Anwendungen für Ultraschall in Form von Diagnostik in der Medizin und auch zur Zertrümmerung von Nierensteinen. Sogar die Natur macht sich Ultraschall zunutze: So senden zum Beispiel Fledermäuse und Delfine



01 Medizinische Diagnose mit Ultraschall

Ultraschallwellen aus und nutzen die Echos, nämlich die reflektierten Wellen, um die Position von Objekten zu bestimmen, die sie nicht sehen können. Dies ist als Echoortung bekannt.

Aus der Sicht der industriellen Anwendung ist Ultraschall mechanische Energie, die in andere Energieformen umgewandelt werden kann, zum Beispiel in Wärme, und wie wir später sehen werden, ist dies die Grundlage für das Ultraschallschweißen.



02 ■ = Resonanzsystem, ■ = Gedämpftes Resonanzsystem

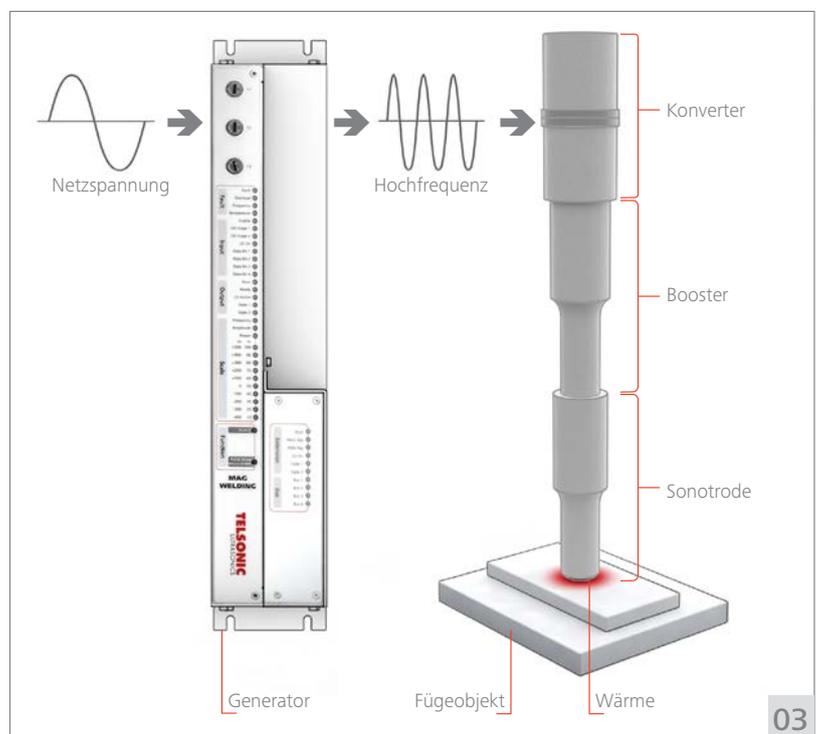
Industrieller Ultraschall nutzt Resonanz

Ein Resonanzsystem hat eine minimale Dämpfung. Nur wenig Energie wird benötigt, um die Schwingung aufrechtzuerhalten. Dieser Effekt wird für den industriellen Ultraschall genutzt. Jedoch haben Resonanzsysteme sowohl beabsichtigte als auch unbeabsichtigte Auswirkungen. Diese lassen sich wahrscheinlich am besten anhand der folgenden Beispiele erklären.

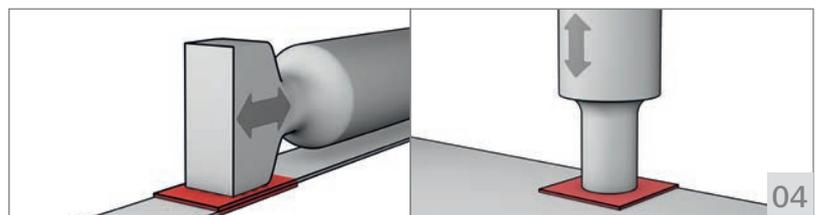
Eine Stimmgabel schwingt genau mit ihrer Resonanzfrequenz. Nach einer einzigen Berührung schwingt sie eine Zeit lang mit, wobei die Form der Stimmgabel die Frequenz oder den Ton bestimmt. Ein hervorragendes Beispiel für die Auswirkungen eines ungewollten Resonanzsystems war der Einsturz der Tacoma Narrows Bridge in Tacoma, Kanada, am 7. November 1940. In diesem Fall lieferte der Wind die Energie, um das Resonanzsystem in Schwingung zu versetzen – mit katastrophalen Folgen.

Komponenten und Prinzipien eines Ultraschallsystems

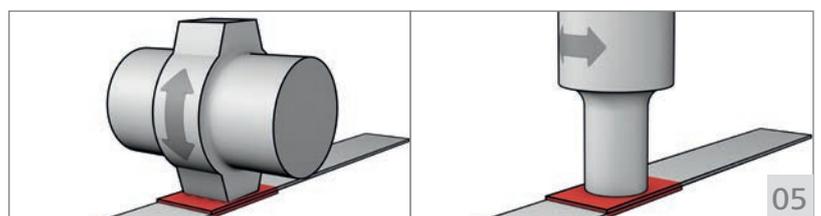
Die Komponenten für die mechanische Energieübertragung sind ein Resonanzsystem. Zu diesen Komponenten gehören neben dem Generator, der die erforderliche Frequenz erzeugt, der Konverter, der die elektrische Energie in mechanische Energie umwandelt, sowie der Booster und die Sonotrode, die die mechanische Energie auf das zu bearbeitende Bauteil übertragen. Einfach ausgedrückt können wir die Elemente eines Ultraschallsystems mit den Komponenten eines Fahrzeuges vergleichen. Der Motor im Fahrzeug erfüllt zusammen mit dem Wandler die gleiche Funktion wie der Generator, und das Getriebe kann mit dem Booster verglichen werden. Die Bewegung der Antriebsräder des Fahrzeuges kann mit der Energie verglichen werden, die von der Sonotrode freigesetzt wird, die wiederum die zum Schweißen benötigte Wärme liefert.



03 Komponenten für die mechanische Energieübertragung eines Resonanzsystems



04 Linear abgegebene Ultraschallenergie.
Links: Zum Schweißen von Metall und Rechts: Für das Schweißen von Kunststoffen



05 Die Technologien SONIQTWIST® – Rechts und PowerWheel® – Links von Telsonic bieten leistungsstarke Lösungen für Kunststoff- und Metallschweißanwendungen

Das Ultraschallschweißen kann als ein Schmelzschweißverfahren betrachtet werden, bei dem Reibungs- und Vibrationsenergie in Wärme umgewandelt wird, was wiederum in Sekundenbruchteilen zu einer molekularen Verbindung führt. Amplitude, Kraft und Einwirkzeit, also Schweisszeit und Energie, sind die wichtigsten Prozessparameter des Ultraschallschweißens. Die Vibration in horizontaler Richtung ist mit dem Reibschweißen vergleichbar. Thermische Energie wird sowohl durch innere Reibung als auch durch makroskopische Grenzflächenreibung erzeugt.



Schweißen

Punktschweißen

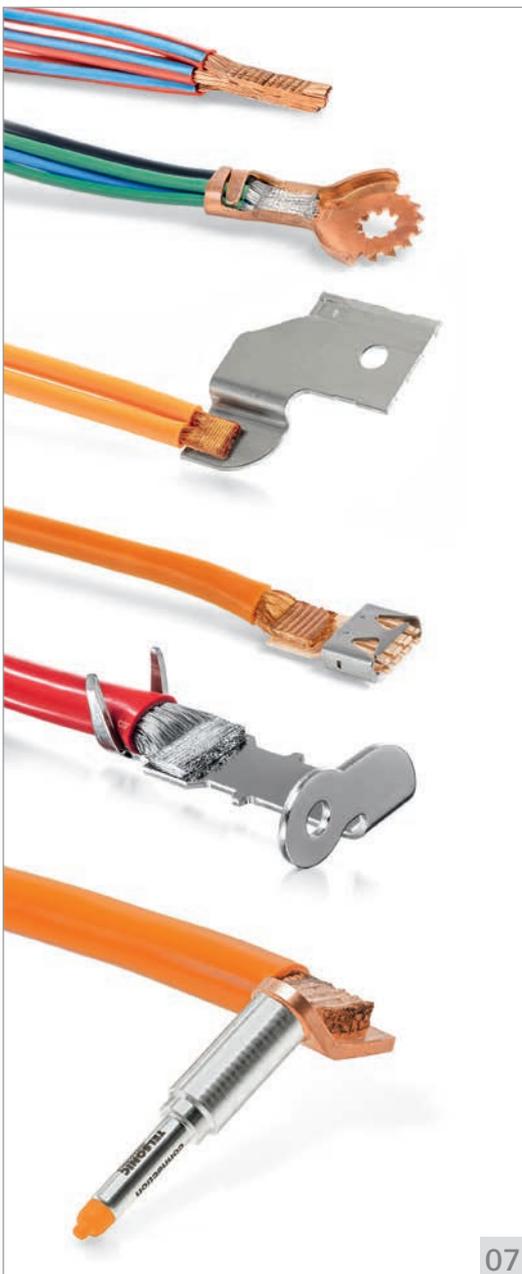
Nieten

Einbetten

Siegeln

06

06 Ultraschallschweißen bietet eine breite Palette von Lösungen für das Kunststoffschweißen



07

07 Ultraschallschweißen bietet eine breite Palette von Lösungen für das Metallschweißen

Die Komponenten, aus denen das Ultraschallsystem besteht, können auf unterschiedliche Weise zur Abgabe der Ultraschallenergie verwendet werden, z. B. wenn es um das Schweißen von Metall oder Kunststoff geht. Beim Metallschweißen ist die Konfiguration des Systems horizontal, und die Energie wird linear abgegeben. Beim Kunststoffschweißen wird der Ultraschall in beiden Fällen in vertikaler Ausrichtung konfiguriert, wobei die Energie linear abgegeben wird.

Die Flexibilität des Verfahrens wird durch die Möglichkeit unterstrichen, die Ultraschallenergie auch in Torsion zu übertragen. Telsonic hat SONIQTWIST® entwickelt, das sowohl bei Metall- als auch bei Kunststoffschweißanwendungen effektiv eingesetzt werden kann und einen schonenden Schweissprozess z. B. für Leistungselektronikkomponenten bietet. Dieses einzigartige Verfahren kann auch für Kupfer, Aluminium und andere Nichteisenmetalle verwendet werden. PowerWheel®, das auf Metallschweißanwendungen abzielt, wird zur Herstellung einer breiten Palette von Elektroautobauteilen mit grossen Querschnitten wie Kabel, Stecker und Batteriekomponenten verwendet.

Vorteile eines umweltfreundlichen Verfahrens

Die Ultraschalltechnologie bietet im Vergleich zu alternativen Verfahren einige erhebliche Vorteile. Die Flexibilität dieses weithin als «sanft» anerkannten Verfahrens in Verbindung mit seiner bewährten Zuverlässigkeit und dem geringen Energieverbrauch sind Schlüsselfaktoren für den anhaltenden Erfolg der Ultraschalltechnik in zahlreichen Marktsektoren.

Die Anwender profitieren von kurzen Zykluszeiten und damit von einer hohen Produktivität. Die Maschine muss nicht «aufgewärmt» werden und es ist auch kein Vorwärmen der Teile erforderlich. Da es sich um ein digitales System handelt, kann der Benutzer intuitiv die optimalen Einstellungen für das jeweilige Material und die jeweilige Anwendung wählen.

Die Ultraschalltechnologie von Telsonic bringt auch wichtige Vorteile für die Umwelt mit sich. Unter anderem die Tatsache, dass keine Klebstoffe oder Lösungsmittel verwendet werden. Ultraschall hat ausserdem eine hohe Effizienz, einen geringen Energieverbrauch und eine minimale Wärmezufuhr. Es ist auch möglich, eine Reihe von kompatiblen Biokunststoffen und Recyclaten zu verschweißen.



08 Beispiele für Anwendungen mit Cut'n'Seal im Einzelzyklus und im kontinuierlichen Prozess

Ein Prozess mit mehreren Anwendungen

Die Vielseitigkeit des Ultraschallverfahrens bedeutet, dass es für eine breite Palette von Anwendungen und Verbindungsaufgaben eingesetzt werden kann. Dazu gehören Schweißen, Punktschweißen, Nieten, Versiegeln von Verpackungsprodukten und auch das Einbetten von Gegenständen wie z. B. Metalleinsätzen mit Gewinde in Kunststoffformteile.

Die Vorteile, die das Ultraschallverfahren beim Kunststoffschweißen bietet, gelten auch für Metallschweißanwendungen. Das Ultraschallschweißen bietet eine hochwertige Lösung für das Verbinden von Kupfer und Aluminium mit dem Ergebnis einer hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit und optimaler Festigkeit. Ausserdem gibt es keine strukturellen Veränderungen am Ausgangsmaterial oder Schäden an angrenzendem Material. Die Hauptmerkmale des Prozesses, nämlich eine kosteneffiziente Lösung mit kurzen Zykluszeiten, in der Regel weniger als eine Sekunde, mit geringem Energieverbrauch und ohne Verbrauchsmaterial, bleiben unverändert.

Neben den traditionellen Schweiß- und Fügeverfahren für Kunststoffe und Metalle hat Telsonic auch das Cut'n'Seal-Verfahren entwickelt, bei dem Ultraschall sowohl zum Schneiden als auch zum Schweißen verwendet wird und das sich besonders für Anwendungen eignet, bei denen Stoffe beteiligt sind. Cut'n'Seal kann entweder als ein- oder zweistufiger Prozess verwendet werden. Das Verfahren ist gut geeignet für dicke Vliesstoffe, Lamine und Textilien, die bei Bedarf in einem einzigen Bearbeitungsschritt sowohl geschnitten als auch an den Kanten versiegelt oder geschnitten und mit einem anderen Teil verschweisst werden. Dies kann auch ein Einzelzyklus oder ein kontinuierlicher Prozess sein, wenn hohe Geschwindigkeiten und Volumenproduktion erforderlich sind, zum Beispiel beim Laminieren, Mikrokleben, Längsschneiden von Etiketten und Nahtschweißen.

Wie Sie aus den Erläuterungen und Beispielen in diesem Artikel ersehen können, bietet die Ultraschalltechnologie die ideale Lösung für viele Schweiß-, Verbindungs- und Schneidanwendungen, die in einer Reihe von Marktsegmenten zu finden sind. Die Popularität der Technologie als Verbindungslösung wird weiter zunehmen, da immer mehr Unternehmen das Potenzial dieses Verfahrens erkennen.

Von Reinhard Züst, TELSONIC AG, und Tom Pettit, Genesis Sales & Marketing Limited



09 Reinhard Züst,
TELSONIC AG