

## Einführung in das Vibrationsschweissen

Eine Telsonic Kunststoff-Verbindungstechnik

KUNSTSTOFFSCHWEISSEN

METALLSCHWEISSEN

SCHNEIDEN

REINIGEN

SIEBEN



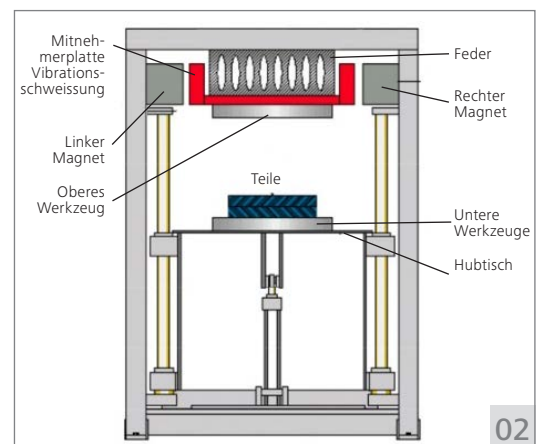
Shelby Twp., MI 48315, USA, 10/2022

Die Wahl der Verbindungstechnik wird bei jeder Anwendung von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, darunter Materialkombinationen, die Grösse des Bauteils, dessen Geometrie, Produktionsmengen und natürlich jegliche funktionalen Anforderungen.

Als Technologieführer in der Kunststoffverbindungstechnik hat Telsonic eine Reihe von Ultraschallschweissystemen und -modulen entwickelt, die bei vielen verschiedenen thermoplastischen Materialien eingesetzt werden, insbesondere bei kleinen und mittelgrossen Bauteilen, bei denen der Prozess mit hoher Geschwindigkeit abläuft. Das Vibrationsschweissen hingegen ist ebenfalls ideal für eine Reihe von thermoplastischen Materialien geeignet, kann aber auch grosse Komponenten oder solche mit einem dreidimensionalen, gestuften oder kontinuierlichen Profil verbinden. Dieser informative Artikel von Jochen Bacher, Präsident von TELSONIC Ultrasonics Inc., erläutert die Prinzipien und Vorteile des Vibrationsschweissens.

### Ultraschall- und Vibrationsschweissen – die Verfahren im Vergleich

Das Vibrationsschweissen ist im Grunde ein Reibschweissverfahren, bei dem durch die relative Bewegung der Oberflächen Wärme an der Verbindungsfläche zweier Teile erzeugt wird. Dies unterscheidet sich vom Ultraschallschweissen, bei dem die Wärme durch eine Kombination aus Reibung zwischen den Oberflächen und innermolekularer Bewegung bei Frequenzen von 15kHz bis 70kHz und einer in Mikrometern gemessenen Bewegung erzeugt wird. Im Vergleich dazu ist das Vibrationsschweissen durch Frequenzen zwischen 100Hz und 300Hz und damit verbundenen Amplituden zwischen 0.75 mm und 2 mm (0.030 Zoll bis 0.080 Zoll) definiert. Abhängig vom Druck, der während des Schweißzyklus ausgeübt wird, liegen die Schweißzeiten normalerweise zwischen 2 und 10 Sekunden.

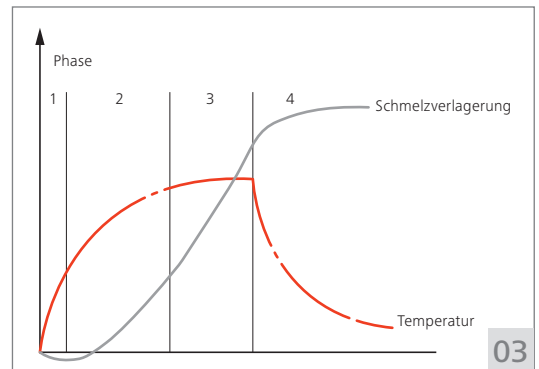


01 Infrarot-Vorwärmung

02 Prinzipien des Vibrationsschweissens

## Der Prozess des Vibrationsschweissens wird in vier separaten Phasen definiert

<b>Phase 1</b>	Die Vibration der starren Teile erzeugt Reibung, die an der Verbindungsstelle Wärme erzeugt, aber das Material ist immer noch in einem festen Zustand
<b>Phase 2</b>	Die Glasübergangstemperatur wird erreicht und es kommt zu einem viskosen Fluss. Die Wärme wird durch die Verdrängung des geschmolzenen Polymers erzeugt. Die Bewegung der Teile zueinander beginnt (Schmelzen)
<b>Phase 3</b>	Der Schmelzübergang erreicht eine gleichmässige Phase, in der die Schmelztemperatur des Materials erreicht wird und die Teile beginnen, sich mit dem geformten Kunststoff zu verbinden. Die Schmelze fliesst seitlich, und das Eindringen der Schweissnaht nimmt linear mit der Zeit zu
<b>Phase 4</b>	Die Vibration hört auf und es wird eine ausreichende Haltezeit zum Abkühlen der Schweissnaht unter Druck eingeführt. Das Eindringen der Schweissnaht dauert an, weil der Klemmdruck das geschmolzene Polymer zum Fließen bringt, bis es erstarrt



03 Beziehung zwischen Schmelzverlagerung und Schmelztemperatur während der verschiedenen Phasen des Vibrationsschweissens

Es ist auch wichtig, die Beziehung zwischen der Schmelzverlagerung und Schmelztemperatur während der verschiedenen Phasen des Vibrationsschweissens zu verstehen. Um eine gute Schweissnahtfestigkeit zu erreichen, muss die Zeit des Vibrationsschweissens lang genug sein, um innerhalb der dritten Phase zu liegen, in der eine lineare Schmelzverlagerung stattfindet. Ausserdem muss die Haltezeit lang genug sein, um eine Materialverdrängung zu ermöglichen, sobald die Vibration aufhört.

## Materialien – amorph und kristallin im Vergleich

Amorphe und teilkristalline Kunststoffe sind beide Hochtemperaturpolymere. Der Unterschied zwischen den beiden liegt in ihrer molekularen Struktur. Zu den amorphen Thermoplasten gehören hauptsächlich durchsichtige Kunststoffe wie: Polymethylmethacrylat (PMMA/Acryl), Polystyrol (PS), Polycarbonat (PC), Polysulfid (PSU), Polyvinylchlorid (PVC), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und Polyetherimid (PEI). Diese Polymere haben eine zufällig geordnete Molekularstruktur und keinen schnellen Schmelzpunkt. Das Ergebnis ist, dass amorphe Materialien mit steigender Temperatur allmählich weicher werden.

Im Gegensatz zu amorphen Thermoplasten haben teilkristalline Kunststoffe eine hochgeordnete Molekularstruktur mit definierten Schmelzpunkten. Übliche teilkristalline Materialien sind Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polybutylenterephthalat (PBT), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyetheretherketon (PEEK).

Während amorphe Materialien bei einem Temperaturanstieg allmählich erweichen, ist dies bei teilkristallinen Kunststoffen nicht der Fall. Stattdessen bleiben sie fest, bis eine bestimmte Wärmemenge absorbiert wird. Die Materialien verwandeln sich dann schnell in eine niedrigviskose Flüssigkeit. Dieser Schmelzpunkt liegt im Allgemeinen höher als der obere Bereich der amorphen Thermoplaste.

## Schweissen ungleicher Materialien

Beim Vibrationsschweissen können unterschiedliche Materialien miteinander verbunden werden, indem die Thermoplaste schmilzt und eine mechanische Verbindung zwischen unterschiedlichen Materialien entsteht. Die Schweisszeiten betragen im Allgemeinen 1 bis 3 Sekunden für amorphe und 3 bis 10 Sekunden für teilkristalline Kunststoffe.

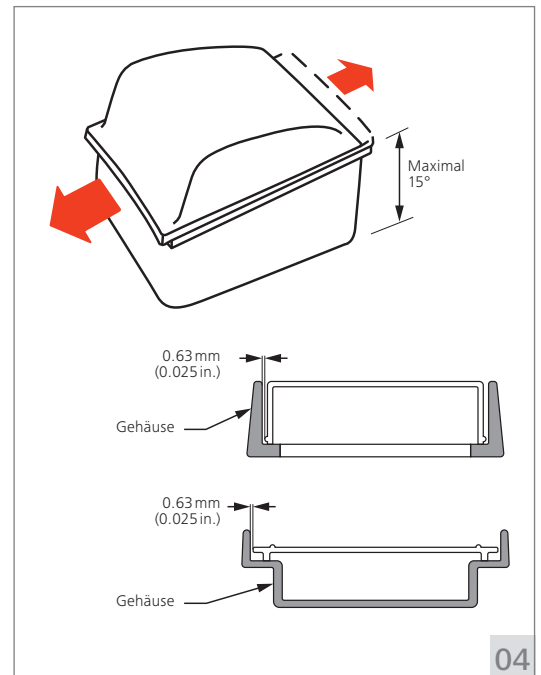
Der erforderliche Schweissdruck hängt von dem jeweiligen Material, dem Design des Teils und der Art der Befestigung ab. Für amorphes Material wird in der Regel weniger Druck benötigt. Einige Materialien wechseln schnell von ihrem festen Zustand in den Zustand einer Schmelze, was darauf hindeutet, dass der Druck gesenkt werden muss. Die meisten modernen Maschinen ermöglichen eine Druckprofilierung, um eine bessere Schweissqualität zu erreichen, indem der Schweissdruck während des Schweisszyklus angepasst wird.

## Erfolgreiche Auslegung

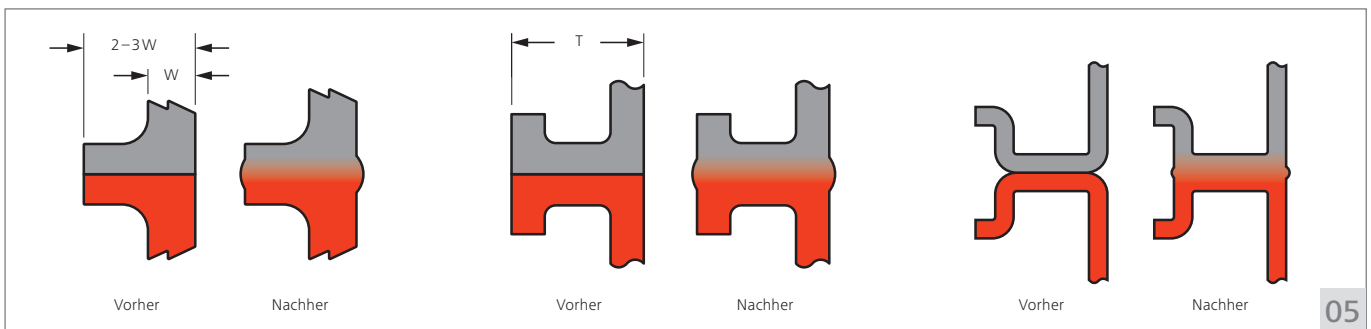
Damit das Vibrationsschweißen erfolgreich ist, müssen die folgenden Grundregeln bei der Auslegung der Teile beachtet werden. Der Schweissflansch muss so dimensioniert sein, dass er bei hohen Frequenzen zwischen 250 und 300Hz eine Amplitude von 0.8 mm (0.030 Zoll) und bei niedrigen Frequenzen zwischen 100 und 150Hz von bis zu 2 mm (0.080 Zoll) zulässt. Die Schweissfläche in Vibrationsrichtung muss flach sein, aber auch mit einem Winkel von maximal 15 Grad sind gute Schweissergebnisse möglich.

Die folgenden Skizzen zeigen eine Stumpfstossauslegung für das Vibrationsschweißen mit einem Flanschstumpfstoss, einem gerippten Flanschstumpfstoss und einem thermogeformten Stumpfstoss mit einem Rückholflansch.

Die Schmelzverlagerung führt dazu, dass an der Aussenseite der Schweissnaht ein Grat entsteht. Das physische Aussehen des Grats ist je nach Material sehr unterschiedlich. Einige Materialien neigen zu einem Grat mit einem langen, "unscharfen" Aussehen, während andere einen Grat in Form einer Ablagerung erzeugen. Die meisten Teileauslegungen sehen eine «Grataufnahme» vor, um den Grat unterzubringen. Oft sind Prototyp-Schweißungen erforderlich, um die optimale Auslegung zu ermitteln, die das Auftreten von Graten verhindert. Die Grösse der «Grataufnahme» sollte mindestens 30% grösser als der berechnete Platzbedarf der Schweiss-



04

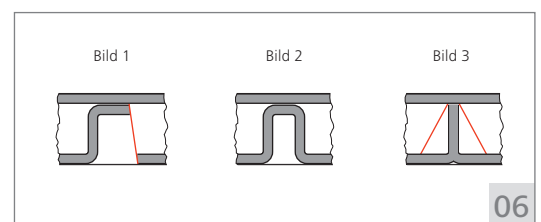


05

naht sein. Die Integration der IR-Vorwärmung in den Vibrationsschweißprozess hat insbesondere bei klaren amorphen Thermoplasten zu erheblichen Verbesserungen des Gratabbildes geführt.

## Zusätzliche Auslegungsanforderungen

Beim Schweißen von Innenrippen müssen die Flansche gestützt werden, insbesondere wenn sie nicht an der Schwingungsrichtung ausgerichtet sind. Am effizientesten ist es, Rippen wie diese mit Hilfe des Vibrationswerkzeugs zu stützen, wie in den Abbildungen 1 und 2 unten gezeigt. Wenn die Auslegung dies jedoch nicht zulässt, müssen Stützrippen in das Formteil eingearbeitet werden, um die Wand zu stabilisieren, wie in Abbildung 3 gezeigt wird. Um die Teile so zu gestalten, dass diese Auslegungsmerkmale erfolgreich umgesetzt werden können, müssen alle Parameter wie das Material, die Möglichkeiten zur Befestigung des Teils und die Teileauslegung untersucht werden.



06

- 04 Damit das Vibrationsschweißen erfolgreich ist, müssen grundlegende Regeln beachtet und in die Auslegung der Teile integriert werden
- 05 Stossverbindung für das Vibrationsschweißen mit Flanschstoss, geripptem Flanschstoss und thermogeformtem Stoss mit Rückholflansch
- 06 Beim Schweißen von Innenrippen ist eine Unterstützung der Flansche erforderlich, insbesondere wenn sie nicht in Schwingungsrichtung liegen

## Vielseitige Anwendungsbereiche

Die Vielseitigkeit des Vibrationsschweisverfahrens zeigt sich in der breiten Palette von Anwendungen und Marktsektoren, die diese Technologie übernommen haben. Viele Automobilkomponenten, wie z.B. Instrumententafeln, Spoiler, Motorabdeckungen, Lufteinlässe und Beleuchtungseinheiten werden durch Vibrationsschweissen verbunden. Andere Sektoren, in denen das Vibrationsschweissen zum Einsatz kommt, sind Weisswaren und Gartenprodukte. Teile wie Waschmaschinentrommeln, Kettensägegehäuse und sogar Logistikpaletten aus Kunststoff werden mit dieser Technologie hergestellt.

## Zusammenfassung

Die vielen Vorteile des Vibrationsschweisens können Sie der nachstehenden Tabelle entnehmen. Wie bei jeder Technologie gibt es einige Einschränkungen. Beim Vibrationsschweissen beschränken sich diese im Allgemeinen auf die Form der Schweissfläche. Dünnwandige Abschnitte und Innenrippen können manchmal schwierig zu schweissen sein, und der Schallpegel macht eine Schallschutzeinkapselung erforderlich. Die Technologie erfordert auch ein höheres Mass an Investitionen.

## Vorteile des Vibrationsschweisens

- Fähigkeit, komplexe und unregelmässige Formen zu schweissen
- Schweissen von grossen Teilen
- Hochfeste Schweissnähte und hermetische Dichtungen
- Mehrere Teile können gleichzeitig geschweisst werden
- Kein zusätzliches Material erforderlich
- Geringe Vorbereitung der Oberfläche erforderlich
- Kann verwendet werden, um andere Teile einzukapseln
- Die Teile können sofort nach dem Schweißen bearbeitet werden
- Hohe Prozesssicherheit
- Hohe Produktionsrate
- Schneller Werkzeugwechsel

Telsonic bietet ein umfassendes Sortiment an Vibrationsschweisssystemen, die mit hydraulischem oder elektrischem Servoantrieb erhältlich sind. Die Schweissmodi umfassen Tiefe und Zeit und es ist möglich, Schweissergebnisse zu speichern und zu analysieren. Die Systeme, die mit Sicherheitschaltungen und schalldämmten Gehäusen ausgestattet sind, bieten eine optionale Infrarot-Vorwärmtechnik und können auch mehrstufig geschweisst werden.



07



08

- 07 Vibrationsschweissen ist ein vielseitiges Verfahren, das für eine breite Anwendungspalette eingesetzt werden kann. Die Einführung der IR-Vorwärmung in den Vibrationsschweisprozess führt zu einer erheblichen Verbesserung des Erscheinungsbildes des Grats, insbesondere bei klaren amorphen Thermoplasten, wie z.B. bei der hier gezeigten Linse aus dem Automobilbereich
- 08 Telsonic hat sich mit Daeyoung zusammengeschlossen, um das Beste aus beiden Welten bei der Verbindung von Kunststoffen zu bieten



09

09 Jochen Bacher,  
Präsident, TELSONIC  
Ultrasonics Inc.