

Qualitätssicherung beim Ultraschallschweißen

Einfache und schnelle Messung

Das Verschweißen mittels Ultraschall gehört zu den am häufigsten angewandten Fügeverfahren von thermoplastischen Kunststoffen. Die wichtigsten technischen Bestandteile von Ultraschall-Schweißmaschinen sind (neben maschinenbaulichen Komponenten) der Hochfrequenz-Generator, der Konverter (Schallwandler), der Booster (Verstärkungsstück) und die Sonotrode (Schweißwerkzeug).



Amplituden- und Frequenzmessgerät (ohne Messkopf)

Im Hochfrequenz-Generator wird hochfrequenter Strom mit Frequenzen von 15 bis 70 kHz erzeugt. Dieser Strom wird dem Konverter zugeführt – in ihm wandeln piezokeramische Bauelemente den Strom in entsprechend hochfrequente mechanische, pulsierende Bewegungen um. Bei einer 20-kHz-Anlage liegen die Amplituden (Schwingweiten) bei ca. 10 µm (1 µm = 1/1.000 mm).

Der Booster wiederum verstärkt (selten: vermindert) diese Amplituden durch seine Bauform. Für das Verschweißen von Kunststoff werden in der Regel Amplituden von 20 bis 60 µm benötigt. Diese Amplituden werden schließlich weitergeleitet in

das eigentliche Schweißwerkzeug, die Sonotrode. Sonotroden werden aus Aluminium, Titan oder Stahl gefertigt und müssen einer ganzen Reihe von Anforderungen genügen. Die wichtigsten sind:

Form der Arbeitsfläche

Die Sonotrode hat als einziges Bauteil der Schweißmaschine direkten Kontakt zum Schweißteil. Sie muss die mechanischen Schwingungen senkrecht und direkt in die Fügezonen des Schweißteils einleiten. Entsprechend muss die Kontakt- bzw. Arbeitsfläche der Sonotrode werkstückgerecht gestaltet sein.

Frequenz

Eine Sonotrode muss so konstruiert und gefertigt sein, dass ihre Resonanzfrequenz mit der vom eingesetzten Generator zur Verfügung gestellten Frequenz übereinstimmt.

Schwingungsform

Gleichzeitig muss diese Resonanzfrequenz gerichtet sein. Ein metallischer Körper kann viele Resonanzfrequenzen mit den unterschiedlichsten Schwingungsformen haben. Für das Ultraschallschweißen jedoch ist von entscheidender Bedeutung, dass die Resonanzfrequenz longitudinal, also senkrecht, auf das Schweißteil wirkt. Nur so ist sichergestellt, dass die zur Verfügung gestellte mechanische Energie tatsächlich in der Fügezone ankommt und wirken kann.

Null-Linie

Auf Grund des Ausbreitungsverhaltens von Schallwellen in mechanischen Körpern müssen Sonotroden eine Zone geringster Ausdehnung haben. Diese Zone ist die so genannte Null-Linie. In ihr dürfen kaum Schwingungen nachweisbar sein. Allerdings ist die Nulllinie gleichzeitig die Zone größter Beanspruchung,

Ultraschallwellen-Messkopf



weil in ihr Zug- und Druckkräfte gleichermaßen wirken.

Amplitude

Übliche einstellbare Parameter beim Ultraschallschweißen sind: die Schweißzeit, die einzubringende Energie oder der Anpressdruck der Sonotrode auf das Schweißteil. Stellt jedoch die Sonotrode beispielsweise eine zu geringe Amplitude zur Verfügung, wird der Schweißprozess nicht oder nur unzureichend gelingen. Die benötigte Amplitude wird u.a. durch das Schmelzverhalten der eingesetzten Kunststoffe bestimmt und kann erheblich schwanken. Bei der

Konstruktion der Sonotrode ist die benötigte Amplitude unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Booster zu berücksichtigen.

Amplitudenverteilung

Ist eine Sonotrode falsch konstruiert, kann die Amplitude an der Arbeitsfläche an unterschiedlichen Stellen unterschiedlich groß sein. Das führt zu einem schlechten Schweißbild oder gar zu Fehlschweißungen.

Leerlaufleistung

Mit Leerlaufleistung ist die Leistungsaufnahme gemeint, die erforderlich ist, um eine Sonotrode in Resonanzfrequenz frei zum Schwingen zu bringen. Ist der Anteil an z.B. unerwünschten Querschwingungen zu hoch, ist eine hohe Leerlaufleistung erforderlich.

Hohe Leerlaufleistungen sind zu vermeiden; sie sind ein Hinweis auf schlechte Sonotrodenqualität, die Schweißung wird nicht optimal und die Lebensdauer der Sonotrode wird eingeschränkt sein.

In der betrieblichen Praxis ist ohne entsprechende Messmittel die Qualität von eingesetzten Sonotroden praktisch nicht bestimmbar. Darüber hinaus gibt es – im Gegensatz zu den meisten anderen Werkzeugen – kei-

ne verbindlichen Qualitätsmerkmale oder gar Normen für diese Schweißwerkzeuge. In den meisten Fällen kann deshalb der Anwender nur indirekt Rückschlüsse auf das Schwingverhalten und die Qualität von Sonotroden ziehen.

Hinweise auf eine fehlerhafte Konstruktion, auf falsche Schwingformen oder auf einen zu hohen Anteil an unerwünschten Querschwingungen können u. a. sein:

- hohe Leerlaufleistung
- die Sonotrode wird warm
- großer Verschleiß an der Arbeitsfläche
- geringe Lebensdauer.

Die Feintech R. Rittmeyer GmbH als führender Sonotrodenentwickler und -hersteller in Deutschland und Berater von Ultraschall-Schweißprozessen hat jetzt ein Messgerät entwickelt, mit dem alle wichtigen Kenndaten von Sonotroden wie Frequenz, Amplituden, Amplitudenverteilung, Querschwingungen, Null-Linie etc. erfasst und in Beziehung zueinander gebracht werden können. Mit dem Tastkopf des Geräts können ebenfalls die Sonotrodenumgebung wie z.B. die Teileaufnahme, ein eventuell vorhandener Amboss oder das Gegenlager insgesamt „abgehört“ werden. Somit können einfach und schnell wichtige Erkenntnisse über die Quali-

tät von Sonotroden sowie die Situation im unmittelbaren Wirkungsbereich der Sonotrode gewonnen werden. Erstmals ist damit das schnelle Aufspüren von Fehlfunktionen in mechanischen Resonanzeinheiten direkt an der Maschine und ohne teuren Serviceeinsatz möglich.

Der Ultraschallwellen-Messkopf kann auch an jeden handelsüblichen Oszilloskopen angeschlossen werden. Damit können die gemessenen Amplituden in Form von Sinuswellen dargestellt werden.

Die Handhabung des Messkopfs ist denkbar einfach. Je nach Stellung an der schwingenden Sonotrode können die Amplituden der Längs- oder Querschwingungen bzw. die Null-Linien gemessen werden.

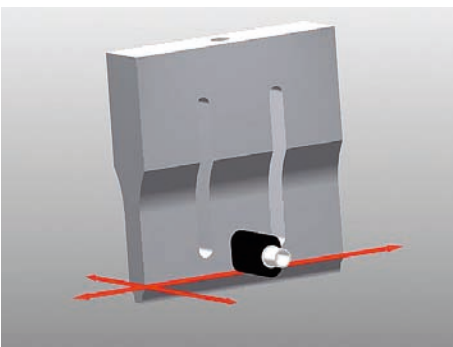
Für die Angabe des Übersetzungsverhältnisses von Sonotroden werden die Amplituden an der Koppelfläche (Messung 1) und an der Arbeitsfläche (Messung 2) gemessen.



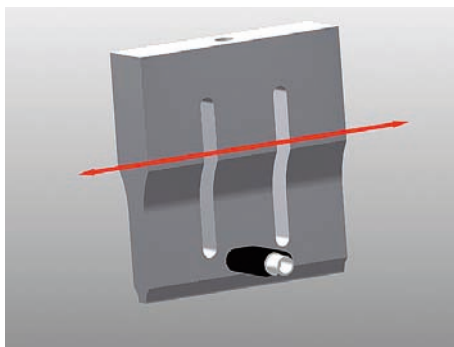
www.rittmeyer-beri.de



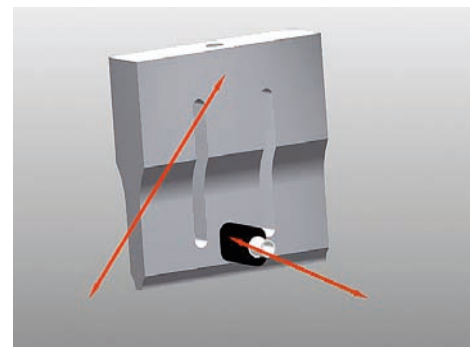
www.sonotrodenbau.de



Senkrechte Stellung des Messkopfs für die Messung der Longitudinalschwingungen. Rote Doppelpfeile = Abtaststrecken für die Messung der Amplituden und Amplitudenverteilung an der Arbeitsfläche.



Waagerechte Stellung des Messkopfs für die Messung der Querschwingungen. Roter Doppelpfeil = Verlauf der Null-Linie der Sonotrode



Position Messkopf bei Messung 1 (Pfeil oben). Position Messkopf bei Messung 2 (Pfeil unten).