Das Ultraschallschweissen von thermoplastischen Kunststoffen

Autor(en): **Frei, K.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **64 (1973)**

Heft 16

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915589

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

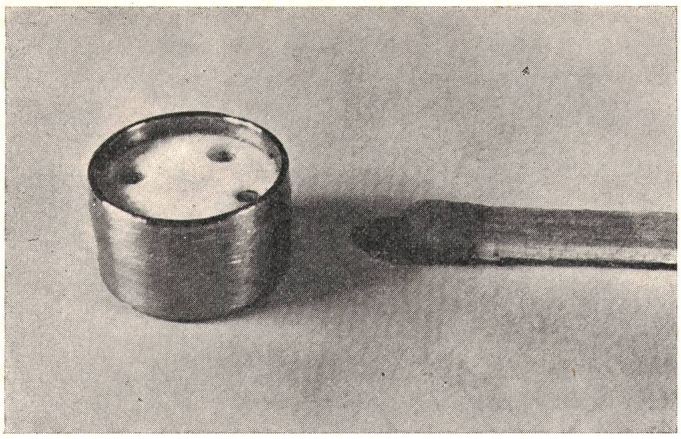

Fig. 14
Transistorgehäuse
Bördelstoss zwischen Armco-Eisen und Ni/Fe, 0,2 mm dick

oder Rollennahtverbindungen technisch nicht mehr genügen und wo der Einsatz des Elektronenstrahls zu aufwendig erscheint. So werden Senderöhrengitter aus Molybdän in einem Stumpfstoss verbunden, Kathoden aus karbonisiertem Nickel mit dem Kathodenträger verschweisst oder Schweisslötverbindungen zwischen Wolfram und Molybdän ausgeführt.

Das in Fig. 14 abgebildete Transistorgehäuse, dessen Kappe aus vergoldetem Armcoeisen gefertigt ist, wurde an seiner Oberkante mit dem aus Ni-Fe bestehenden Innenring verschweisst. Dieser Innenring trägt unmittelbar unter der Schweisszone eine Keramikscheibe, welche vorher unter Vakuum aufgelötet wurde. Die Energiezufuhr während des Schweissvorganges muss so niedrig gehalten werden, dass die Lötverbindung nicht Schaden leidet.

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten des beschriebenen Verfahrens sind in diesem Artikel nur sehr kurz angedeutet worden. Die Praxis hat gezeigt, dass dank seiner spezifischen Eigenschaften Produktionssteigerungen, Ausschussquotenverringerungen und Konstruktionsvereinfachungen erzielt werden können. In vielen Fällen ermöglichte aber erst das Mikroplasmaverfahren die Realisierung bestimmter Bauteile.

Literatur

[1] *A. H. Wagenleitner* und *H. Liebisch:* Mikroplasmaschweissen, ein neues Verfahren für das Verbinden kleinster Querschnitte. Schweizer Archiv 34(1968)4, S. 101...107.

[2] *W. Stoidl:* Anwendung des Mikroplasma-Schweissverfahrens in der Elektronenröhrentechnik. Brown Boveri Mitt. 59(1972)9, S. 440...444.

Adresse des Autors:
H. Liebisch, Sécheron Schweisstechnik AG, 1196 Gland.

Das Ultraschallschweissen von thermoplastischen Kunststoffen

Von *K. Frei*

621.791.16:678.073

Mit dem immer breiter werdenden Einsatz von Kunststoffen ergab sich die Forderung, diese rationell, sauber und dauerhaft miteinander zu verbinden. Kunststoffartikel werden grösstenteils auf Injektionsspritzmaschinen hergestellt. Aus spritztechnischen- oder werkzeugbedingten Gründen können sehr viele Teile oft nicht in einem einzigen Arbeitsgang geformt werden. Die Herstellung erfolgt daher in zwei oder mehreren Teilen, die anschliessend verbunden werden müssen. Das bekannteste Verfahren diese Verbindungen herzustellen ist das herkömmliche Kleben mittels einer Vielzahl von zum Teil toxischen und giftigen Flüssigkeiten. Dieses Verfahren kann jedoch in vielen Fällen den gestellten Anforderungen nicht genügen. Es lässt sich schlecht automatisieren, ist zeitraubend und ergibt oft hohe Ausschussraten infolge von Spritzern und Spannungsrissen. Das Hochfrequenz-Schweissen ist nur in speziellen Fällen anwendbar, da nicht alle Kunststoffe einen genügend hohen dielektrischen Verlustfaktor aufweisen. Zudem wird das ganze Schweissgut durchgehend erhitzt. Ähnliche Einschränkungen gelten auch für das Spiegel- und Induktions-Schweissen. Das Rotationsreibungs-Schweissen eignet sich nur für kreisrunde Teile, die gegeneinander rotieren können. Das Ultraschallschweissverfahren eliminiert zu einem grossen Teil die erwähnten Nachteile und bietet darüber hinaus noch eine Reihe von zusätzlichen Vorteilen.

1. Was ist Ultraschall?

Generell bezeichnet man alle Schallwellen, deren Frequenz über dem oberen Hörbereich des menschlichen Ohres liegen, also über ca. 16 000 Hz als Ultraschall. Voraussetzung für ihre Ausbreitung ist ein elastisches Medium, wie z. B. Luft, Wasser, Metalle usw. So wie es vergleichsweise gute und schlechte elektrische Leiter gibt, bestehen auch gute und schlechte Schalleiter. Die meisten Metalle und Glas sind sehr gute Schalleiter. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Medien ist ebenfalls stark unterschiedlich. In der Luft beträgt sie z. B. 360 m/s und im Metall bis zu 5500 m/s. Schallwellen werden meist von schwingenden Körpern erzeugt. In der Ultraschall-Schweisstechnik ist nicht der akustische Anteil von Interesse, sondern die mechanische Bewegungsenergie.

Die Theorie der Erzeugung, Übertragung und Ausbreitung von mechanischen Schwingungen ist grundsätzlich die gleiche, wie sie in der Hochfrequenztechnik zur Anwendung kommt (Koaxialleitungen und Antennentechnik). Diese Zusammenhänge sind recht komplex und es kann in diesem Rahmen nicht weiter darauf eingegangen werden.

Die entscheidenden ersten Impulse erhielt die Ultraschalltechnik durch die Entwicklung des Sonars im 2. Weltkrieg.

Eine Ultraschall-Schweissmaschine (Fig. 1) besteht aus den folgenden wichtigen Einzelteilen:

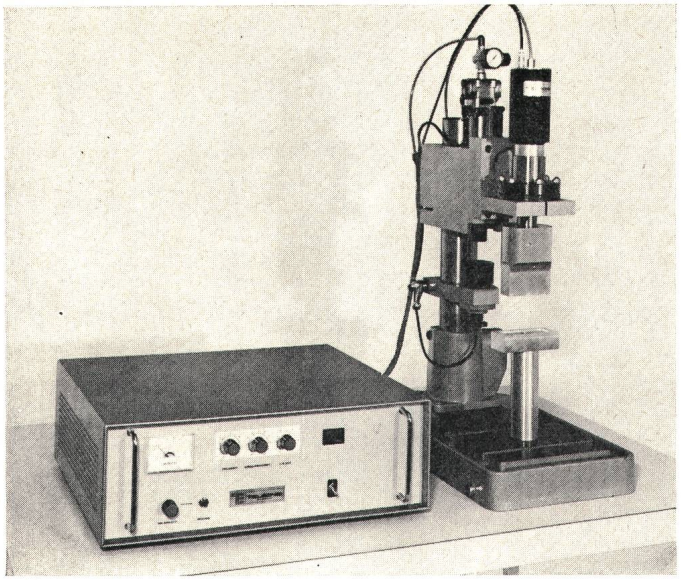

Fig. 1
Halbautomatische Ultraschall-Schweissanlage
links: Ultraschallgenerator mit Steuerung
rechts: Schweisspresse mit Schwinger

a) Elektronischer Ultraschallgenerator;
b) Zeitfolge und Maschinensteuerung;
c) Schallwandler;
d) Akustischer Transformator (auch Booster genannt);
e) Sonotrode oder Werkzeug;
f) Pneumatische oder hydraulische Schweisspresse.

Der Hochfrequenzgenerator verarbeitet den 50 Hz Netzwechselstrom zu einem hochfrequentem Wechselstrom mit der üblichen Frequenz von 20 bis 25 kHz. Der Leistungsbedarf kann für die verschiedenen Anwendungsfälle zwischen 20 und 2000 W liegen. Moderne Schweissgeneratoren sind volltransistorisiert und mit einer automatischen Frequenznachlaufsteuerung ausgerüstet. Ausserdem sollten sie unbedingt als Konstantstromquellen ausgelegt sein. Die Steuerung ist im wesentlichen eine Zeitfolgesteuerung. Die wichtigsten Funktionen sind:

a) Ultraschall-Verzögerung;
b) Ultraschall-Schweisszeit;
c) Kühlzeit;
d) Möglichkeit zur Steuerung automatischer Beschickungseinrichtungen (z. B. Drehtisch).

Der Schallwandler (Fig. 2) konvertiert die elektrischen Schwingungen vom Generator zu mechanischen Schwingungen gleicher Frequenz. Als Leistungsschallwandler eignen sich vor allem zwei Typen:

a) Magnetostriktive Wandler;
b) Piezoelektrische Wandler.

Beim magnetostriktiven Typ nutzt man den Magnetostriktionseffekt einer Eisen-Nickel-Legierung im elektromagnetischen Wechselfeld aus. Der wesentliche Vorteil dieses Wandlers liegt bei seiner hohen Temperaturfestigkeit (über 200 °C). Nachteilig ist der schlechte Wirkungsgrad (nur ca. 50 %).

Der piezoelektrische Wandler beruht auf dem mechanischen Verformungseffekt von Kristallen im elektrischen Wechselfeld. Man verwendet heute vor allem künstliche kristalline Massen vom Typ PZT (Blei-Zirkonat-Titanat). Es werden eine oder mehrere PZT-Scheiben zwischen zwei Metallmassen unter einem Druck von ca. 300 kg/cm² fest verschraubt. Der so gebildete Wandler schwingt in seiner Eigenresonanz von z. B. 20 kHz. Seine akustische Länge ist eine halbe Wellenlänge ($\gamma/2$). Ein hervorstechendes Merkmal dieses Schwingertyps ist sein hoher Wirkungsgrad von ca. 95 %. Er eignet sich vorzüglich für das Ultraschallschweissen.

Da die Amplitude des Schallwandlers nicht ausreicht um zu schweissen, verbindet man den Wandler mit einem akustischen Transformator (Booster), der meistens aus einer Titanlegierung hergestellt wird.

Seine Hauptfunktion besteht darin, optimale Leistungsanpassung an das Schweissgut zu erreichen. Der Hersteller verfügt deshalb über Boosters mit verschiedenen Standard-Übersetzungsverhältnissen, die leicht ausgewechselt werden können. Der mechanische Abgleich muss wie beim Wandler genau auf der Sollfrequenz liegen ($\pm$ 50 Hz), ähnlich der Eigenresonanz einer Stimmgabel.

Der Sonotrode (Werkzeug) (Fig. 3) fällt die Aufgabe zu, die Schwingungen auf das Schweissobjekt zu übertragen. Normalerweise nimmt man zur Herstellung eine Titanlegierung. In gewissen Fällen genügt aber auch eine spezielle Aluminium-Legierung. Die Sonotrode muss in ihrer Form dem Schweissgut angepasst werden und ihre Eigenresonanzfrequenz muss ebenfalls mechanisch auf $\pm$50 Hz abgestimmt sein. Es ist eine Vielzahl von Formen und Abmessungen möglich.

Wandler, Booster und Sonotrode sind zu einer stabilen und robusten Einheit miteinander verschraubt.

Da die Sonotroden einer äusserst starken mechanischen Wechselbelastung unterworfen sind, kommen nur die erwähnten Titan- und Aluminiumlegierungen als Sonotrodenwerkstoff in Frage. Von grösster Wichtigkeit sind die folgenden physikalischen Eigenschaften:

a) Niederes spezifisches Gewicht ϱ
b) Hohe Materialermüdungsfestigkeit σ
c) Hohe Schwingtüte Q, das heisst kleine Deformationsverluste

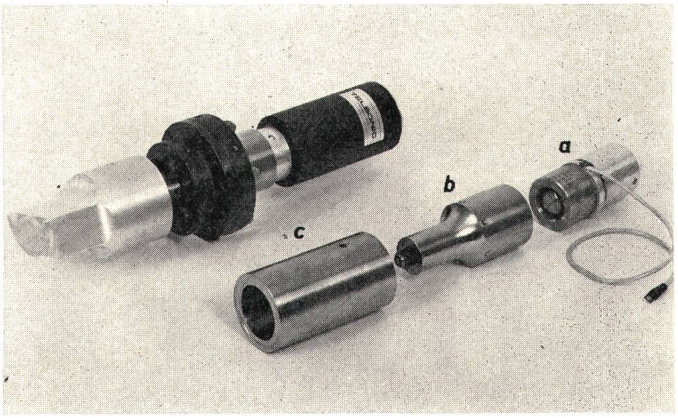

Fig. 2
Ultraschallschwinger verschraubt und in unverschraubtem Zustand
oben: kompletter Ultraschweißschwinger bestehend aus Schallwandler, akustischer Transformator mit Nullpunkthalterung und Sonotrode
unten: a Schallwandler ohne Gehäuse (gut sichtbar sind die beiden PZT-Scheiben und die Zentralverschraubung)
b akustischer Transformator aus Titan
c Titansonotrode

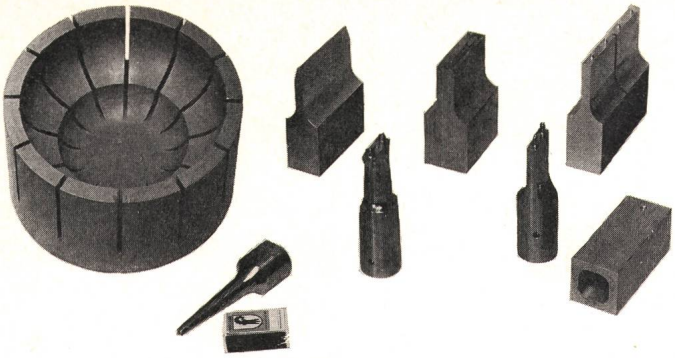

Fig. 3
Sonotrodenformen
Die Figur zeigt ein paar repräsentative Muster zum Schweissen, Nieten und Einbetten

Das Verhältnis $v = \frac{\sigma Q}{\varrho}$ kann als Güte bezeichnet werden. Je höher das v um so geeigneter das Material.

Die Schweisspresse hat die Aufgabe die Sonotrode auf das Schweissobjekt zu pressen. Der Druck muss dem jeweiligen Problem angepasst werden und fein regulierbar sein.

2. Der Ultraschallschweissvorgang

Der gesamte Schweisszyklus setzt sich aus den folgenden Einzelschritten zusammen:

a) Einlegen des Schweissgutes in eine speziell dafür vorbereitete Halterung;
b) Auslösen der Presse, die die Sonotrode auf das Kunststoffteil senkt;
c) Einschalten des Generators und Verschweissung;
d) Ausschalten des Generators und eventuell anschliessende Kühlphase;
e) Abheben der Sonotrode durch die Presse;
f) Auswerfen des verschweissten Teiles.

Die Schritte b) bis e) erfolgen in jedem Falle automatisch.

Die Sonotrode versetzt das Schweissobjekt in starke mechanische Vibration. Die dabei frei werdende Energie setzt sich an der speziell ausgebildeten Trennstelle in Reibungswärme um, die ihrerseits zu einer sofortigen Verschweissung der unter mässigem Druck stehenden Kunsstoffteile führt. Die Erwärmung ist stark lokal auf die Schweisstelle beschränkt und fliesst deshalb sehr schnell ab. Dies hat zur Folge, dass Spannungsrisse vermieden werden und eine eventuelle Alterung nicht zu befürchten ist. Die benötigte Schweisszeit liegt im Normalfall zwischen 0,1 bis 1 s. Eine Kühlphase ist meistens nur dann erforderlich, wenn die Schweissnaht unter Spannung oder Federdruck steht.

Natürlich sind nicht alle Kunststoffe gleich gut verschweissbar. Neben den maschinenbedingten Faktoren wie:

a) Schweisszeit
b) Amplitude
c) Druck

spielen noch die folgenden Punkte eine wichtige Rolle:

a) Material
b) Ausbildung der Fügestelle
c) Art der Halterung für das Teil.

3. Richtlinien für die ultraschallschweissgerechte Konstruktion

Um optimale Schweissresultate zu erhalten, sollte sich der Konstrukteur vor Beginn der Arbeit folgende Punkte überlegen:

a) Festigkeit:
Ist das Teil starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt (Zug-, Torsions- oder Scherkräfte)?
b) Dichtheit:
Muss das Teil gas- oder wasserdicht sein? Wie gross ist der Druck? Kommt Wasser, Heisswasser, Lauge oder Säure zum Einsatz?
c) Ist das Material geeignet oder kann ein besser schweissbares verwendet werden?
d) Kann im Nahfeld oder muss fernfeldgeschweisst werden [Die Nahfeldschweissung ist zu bevorzugen (Fig. 4)].
e) Kann die Schweissnaht in eine Ebene gelegt werden (ist wünschenswert)?
f) Sind die ästhetischen Anforderungen hoch? Ist das Material gefärbt oder durchsichtig? Stört die Schweissnaht die Optik? Ist eine Sonotrodenmarkierung zu erwarten infolge zu kleiner, stark schiefer oder schlechter Sonotrodenberührungsfläche? Sitzt das Teil richtig in der Halterung?
g) Wie gross ist die zu erwartende Stückzahl? Soll vollautomatisch geschweisst werden?
h) Bestehen die beiden Teile aus dem gleichen Material (es sind nur gruppengleiche Materialien verschweissbar)? Sind auch noch lose Teile des selben Materials, wie Räder, Achsen, Klappen usw. am Schweissobjekt angebracht, die unbeabsichtigt mitverschweisst werden könnten? Abhilfe schafft in diesem Falle ein gruppenfremdes Material.

3.1 Die Ausbildung der richtigen Schweisskante (Fig. 5)

Es ist ungünstig, wenn sich Teile einflächig berühren. An der Schweißstelle soll zunächst ein schmaler Materialquerschnitt vorhanden sein, so dass die Berührung linienförmig erfolgt. Auf diese Art erreicht man einen äusserst schnellen Temperaturanstieg und eine örtliche Plastifizierung. Die Schweisszeit ist somit sehr kurz und die Qualität der Verbindung konstant. Von wesentlicher Bedeutung ist auch eine gute Führung des losen Teiles, um ein seitliches Abwandern zu verhindern, sowie ein klemmfreier Sitz, um ein freies Einschwingen zu ermöglichen. Beim Schweissen von Tuben und Flaschen kann die Schweisskante durch eine Profilierung der Sonotrode ersetzt werden. Die Wahl der richtigen Nahtform

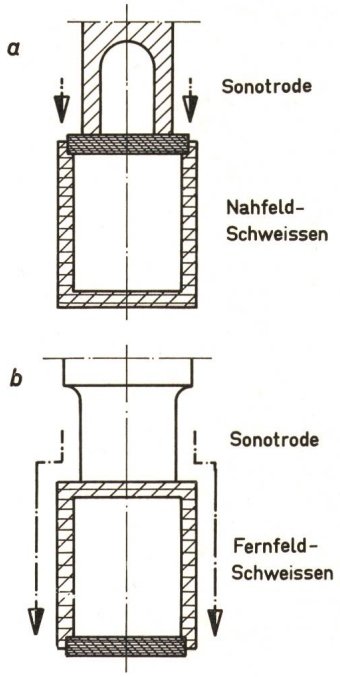

Fig. 4
Nah- (*a*) und Fernfeldschweissung (*b*)
Als Fernfeldschweissung bezeichnet man den Fall, wo die Sonotrode mehr als ca. 10 mm von der Schweißstelle entfernt ist. Die kritische Distanz ist sehr stark materialabhängig. Im Polystyrol sind Fernfeldschweissungen bis zu 120 mm möglich

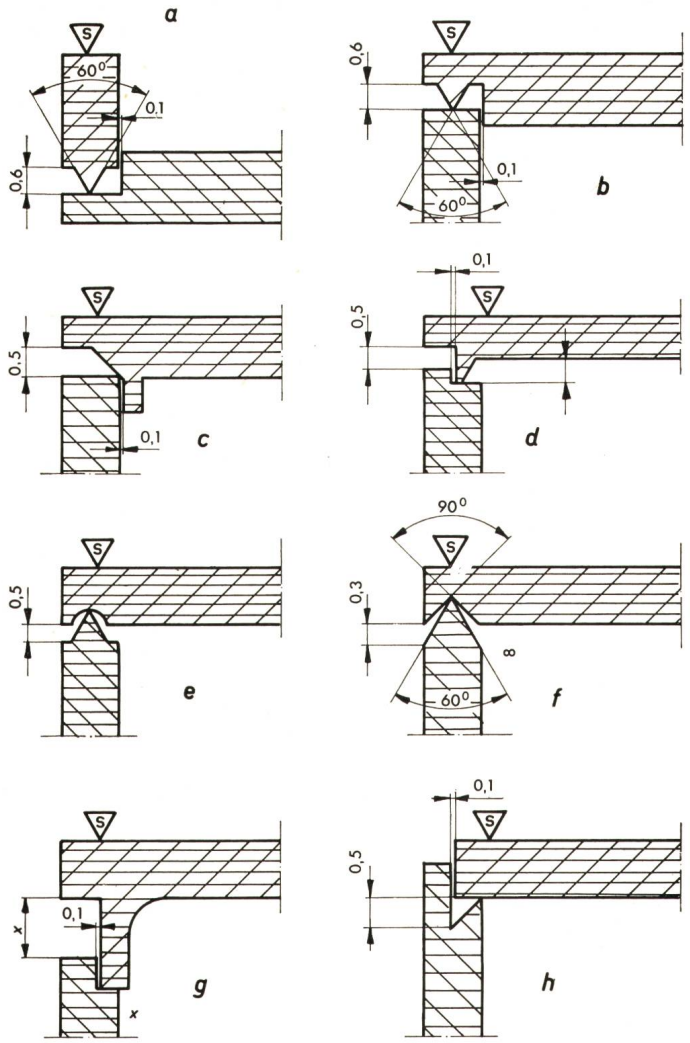

Fig. 5
Die gebräuchlichsten und besten Formen einer Schweissnahtgestaltung
Bei *a* und *b* besteht die Gefahr einer sichtbaren Schweissraupe. Die Ausführung in *c* und *d* ist vorzüglich geeignet zum Gas- und Wasserdichtschweissen. Hier kann auch eine sichtbare Schweissraupe verhindert werden. Der Vorschlag in *g* gilt nur für Polyacetalharz

hat einen sehr grossen Einfluss auf das Schweissergebnis. Diesem Punkt sollte man unbedingt schon bei der Konstruktion grosse Beachtung schenken. Im Zweifelsfalle nehme man Kontakt mit dem Hersteller der Schweissanlage auf. Er wird Zeichnungen verlangen und anhand dieser die optimale Lösung vorschlagen. Hartnäckige Schweissprobleme finden oft eine Lösung, wenn die Halterung als aktiver Amboss ausgebildet wird. Eine solche Halterung ist ebenfalls in ihrer Eigenresonanz auf die Nennfrequenz abgestimmt und sorgt dafür, dass der Schwingungsbauch in die Ebene der Schweissnaht kommt. In den meisten Fällen ist es jedoch nicht erforderlich, die Halterung als «aktive» auszubilden.

4. Die Eignung der verschiedenen Thermoplaste zur Ultraschallbearbeitung

Die folgenden materialbedingten Faktoren haben grossen Einfluss auf die Verschweissbarkeit:

a) Dynamischer E-Modul;
b) Reibungskoeffizient;
c) Schmelzpunkt des kristallinen Kunststoffes;
d) Erweichungstemperatur des amorphen Kunststoffes;
e) Dichte;
f) Dämpfung.

Da all diese Grössen stark temperaturabhängig sind, ist es unmöglich, genaue Tabellen bezüglich der Verschweissbarkeit anzufertigen. Man ist also auf empirische und Erfahrungswerte angewiesen. Generell kann gesagt werden, dass die harten und spröden Kunststoffe, wie z. B. Polystyrol, schneller verschweisst werden können als die weichen gummiartigen z. B. Polyäthylen.

5. Die Ultraschall-Schweissanlage ist eine Mehrzweckmaschine

Neben dem eigentlichen Schweissen bestehen eine Reihe weiterer Einsatzmöglichkeiten für die Ultraschallschweissmaschine:

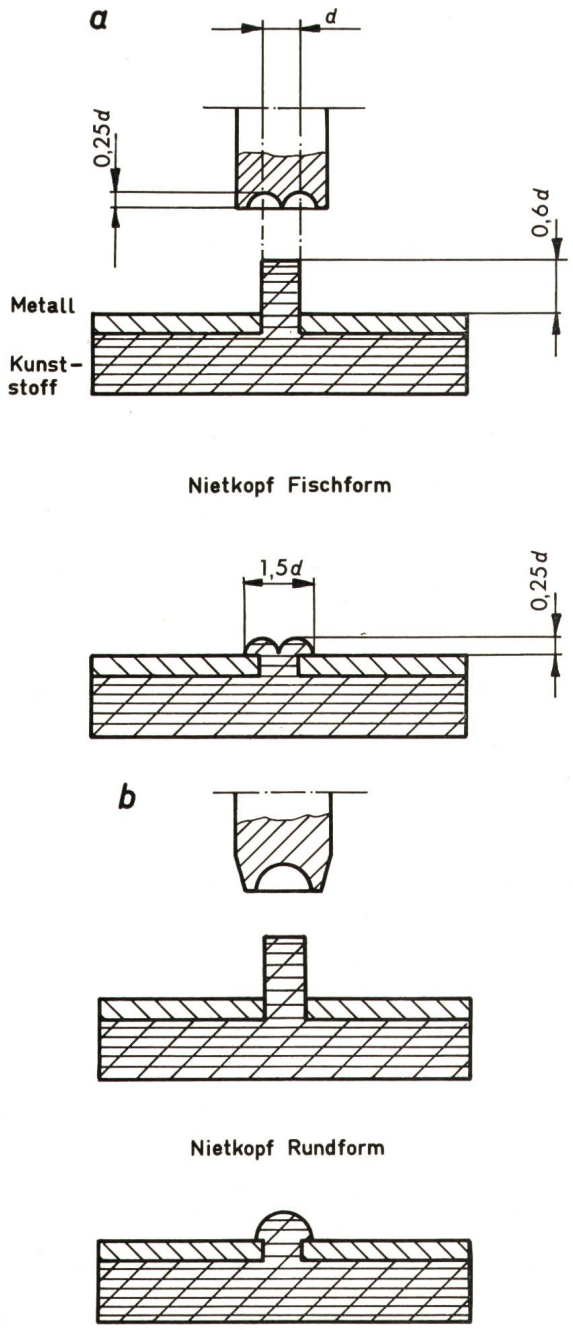

Fig. 6
Vernietung von Kunststoff mit Metall
a zeigt die richtige Dimensionierung des Nietschaftes und der Sonotrodenspitze. Dies ist die bevorzugte Form der Nietkopfgestaltung. Auch die Rundform (*b*) ergibt gute Resultate, jedoch hängt sie von der Art des Thermoplastes ab

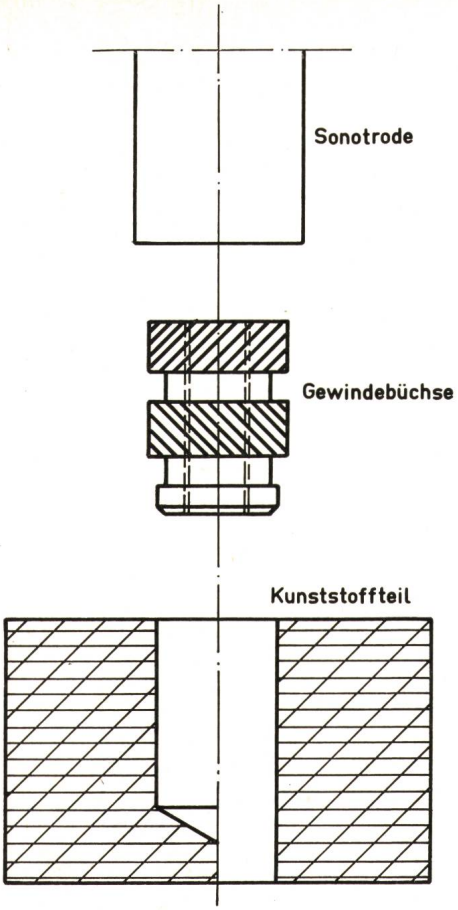

Fig. 7
Einbetten einer Gewindebüchse in ein vorgespritztes Sack- oder Durchgangsloch

a) Vernieten von Kunststoff mit Kunststoff;
b) Vernieten von Metall mit Kunststoff;
c) Einbetten von Metallteilen in Kunststoff (z. B. Gewindebüchsen);
d) Bördeln;
e) Trennen (z. B. Angussentfernen an Massenspritzteilen).

Das *Vernieten* von Kunststoffen mit irgend einem andern Material ist sehr leicht zu bewerkstelligen und ergibt ausgezeichnete Resultate (Fig. 6).

Bei einem Ultraschallnietvorgang berührt die Spitze der Sonotrode mit der Form des Nietkopfes den überstehenden Nietschaft. Mit dem Einsetzen des Ultraschalls erhitzt sich das Material um den Berührungspunkt sehr schnell, und wird unter einsetzendem mechanischem Druck gezwungen, sich im vorgegebenen Hohlraum der Sonotrode zu einem Nietkopf zu verformen. Der ganze Nietvorgang dauert kaum länger als 1 s. Eine Abkühlung wie beim Wärmenieten ist praktisch nicht erforderlich. Die Erwärmung ist ebenfalls sehr lokal und die kalte Sonotrode leitet die Wärme sofort ab. Es ist ein besonderer Vorteil des Ultraschallnietens, dass sich mit der Erstarrung des Materials eine geringfügige Schrumpfung ergibt, die sozusagen einen Nachspanneffekt bewirkt.

Um eine einwandfreie Nietung zu erhalten, ist es wichtig, dass das zu verschmelzende Volumen dem Niethohlraumvolumen der Sonotrode entspricht.

Zum Vernieten mittels Ultraschall sind nahezu alle thermoplastischen Kunststoffe geeignet. Es besteht auch die Möglichkeit, mit einer grossflächigen Sonotrode mehrere oder verschiedenartige Nietungen in einem Arbeitsvorgang vorzunehmen.

Das *Einbetten* von Gewindebüchsen in vorgespritzte Löcher des Kunststoffteiles ist vor allem rationeller als das traditionelle Umspritzen, Eindrehen, Einkleben und Einpressen. Es ist in vielen Fertigungsbereichen bereits die bevorzugte Methode (Fig. 7).

Die Verdreh- und Ausreissfestigkeit ist absolut vergleichbar mit umspritzten Teilen und viel besser im Vergleich zu eingepressten oder eingeklemmten. Der eigentliche Vorteil liegt darin, dass das oft zeitraubende Einlegen der Gewindebüchsen wegfällt und die teure Spritzmaschine damit vollautomatisch arbeiten kann. Zudem ist die Gefahr eliminiert, dass herausfallende Büchsen die Spritzform beschädigen.

Es sind folgende Punkte zu beachten:

a) Das einzulegende Metallteil muss leicht in ein gespritztes Loch vorsteckbar sein.
b) Das Teil sollte, wie in Fig. 5, Hinterschneidungen und sog. Einschmelzräume besitzen, damit eine ausreichende hinterquellende Materialmenge einen festen Sitz ergibt.
c) Um gegen Verdrehung zu sichern, muss das Metallteil mit Längsnuten versehen sein.
d) Müssen relativ lange Metallteile eingebettet werden, dreht man das Ganze um und drückt die Sonotrode auf das Kunststoffteil.

Der Vorgang des Einbettens ist folgender:

Das Metallteil (oder das Kunststoffteil) wird von der Sonotrode berührt und durch den Ultraschall in Schwingung versetzt. Dadurch entsteht an der Berührungsfläche zwischen Metall und Kunststoff Reibungshitze. Unter gleichzeitiger Druckeinwirkung sinkt das Teil rasch in die vorgesehene Lage. Bei dieser Anwendung schwankt die Einschallzeit, je nach Grösse des Metallteiles zwischen 0,1 und 1,5 s. Teile

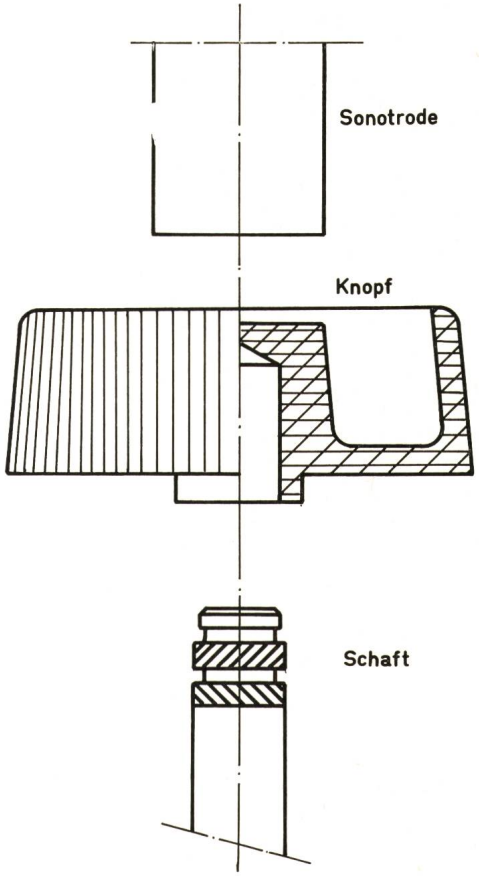

Fig. 8
Einbetten eines gespritzten Knopfes auf einen langen Schaft
Wenn lange Metallteile eingebettet werden müssen, wird die Schallenergie über das Kunststoffteil zugeführt

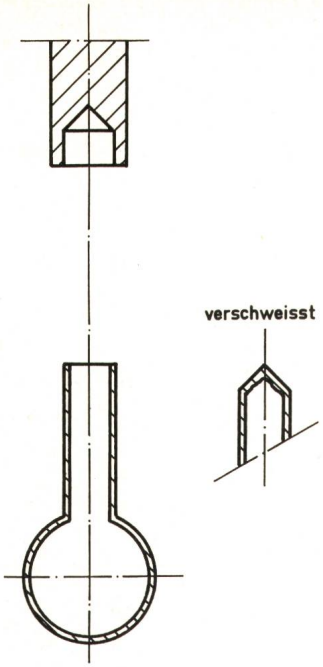

Fig. 9
Das Ende einer Polyäthylenröhre kann dicht verschweisst werden
(z. B. Kugelschreibertank)

auf diese Weise eingeschallt, sitzen spannungsfrei im Kunststoffteil. Mit einer grossflächigen Sonotrode ist es möglich, mehrere Metallteile gleichzeitig einzubetten (Fig. 8).

Das *Bördeln* wird meist dort eingesetzt, wo ein rundes Metallteil in einer Kunststoffassung gehalten werden muss. Die Sonotrode wird an ihrem Ende als Bördelwerkzeug ausgebildet. Unter dem Einfluss von Ultraschall und Druck kann die Randzone des Kunststoffteiles plastisch gemacht und umgeformt werden. Mit Hilfe einer Bördelsonotrode lässt sich z. B. auch das Ende einer Polyäthylenröhre dicht verschweissen(Kugelschreiber-Tank, Fig. 9).

Trennen: Die Ultraschall-Schweissmaschine kann auch benutzt werden, um Massenspritzteile von ihren Spritzbäumen oder Nestern abzutrennen. Diese Methode ist sehr wirtschaftlich, da in einem einzigen Arbeitsvorgang, d. h. in max. 1 s sämtliche Teile von ihrem Nest abschmelzen können. Man legt die Spritznester auf eine tellerförmige Unterlage, so dass die Spritzteile aussen völlig frei hängen. Die runde Sonotrode berührt unter Ultraschalleinwirkung und Druck die einzelnen Spritzkanäle (Fig. 10). Die Ultraschallenergie wird an den einzelnen Abtrennkapillaren in Hitze umgesetzt, wobei die Angüsse abschmelzen und damit sind die Spritzteile frei. Besonders hervorzuheben ist bei diesem Verfahren, dass die Angußstelle hinterher kaum mehr zu sehen ist, da ja kein Abbrechen, sondern ein Abschmelzen erfolgt ist. Der Erfolg des Trennens hängt jedoch wesentlich von der Form der Kapillaren ab. Gleichzeitig müssen es Thermoplaste von harter Beschaffenheit sein.

6. Das Ultraschallschweissen von Metallen

In einigen, zum Teil stark spezialisierten Fällen, kann das Ultraschallschweissen von relativ dünnen (bis zu 2 mm) Blechen und Drähten mit Vorteil eingesetzt werden. Im Gegensatz zum Kunststoffschweissen verläuft die Schwingungsrichtung der Sonotrode parallel zur Schweissebene (Fig. 11). Unter dem gleichzeitigen Einfluss von Ultraschall und Druck entsteht eine intensive Reibung an der Trennstelle. Die Sonotrode und die Halterung sind vielfach mit profilierten Oberflächen versehen, um den Schlupf gering zu halten. Durch die intensive Reibung wird die Oberflächenverschmutzung und Oxydschicht aufgerissen. Die darunter liegenden reinen Metallschichten kommen nun in atomar engen Kontakt, so dass eine Verschweissung zustandekommt. Der Vorgang ist ähnlich dem einer Kaltschweissung.

Bei diesem Verfahren müssen eine Anzahl von Einschränkungen in Kauf genommen werden:

a) Eines der beiden Teile muss dünnwandig sein (max. 2 mm);
b) Viele Materialien verspröden um die Schweisszone, was zu Brüchen oder unzuverlässigen Schweißstellen führt.
c) Eine Zeichnung des Teiles durch die Sonotrode und Amboss ist kaum zu verhindern.
d) Die gute Schalleitfähigkeit von Metallen führt zu einer sehr intensiven Ausbildung von Schwingungsknoten, wenn das Teil in irgend einer Abmessung in der Grössenordnung einer halben Wellenlänge liegt.

Es lassen sich eine grosse Anzahl von verschiedenen Materialien miteinander verbinden. Besonders geeignet sind Reinaluminium und dünne Golddrähte. In folgenden Ferti-

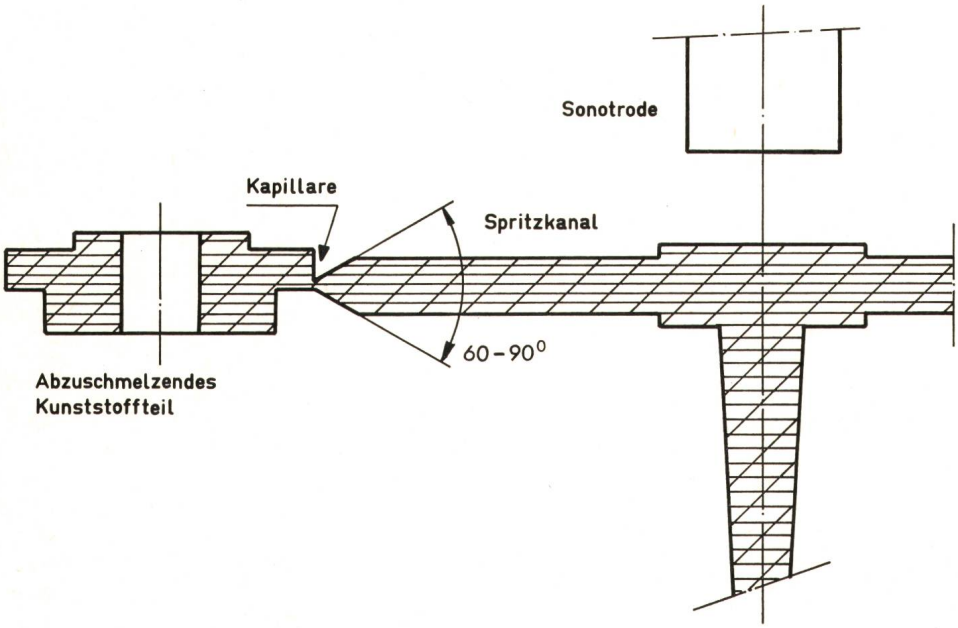

Fig. 10
Angussentfernen von Massenspritzteilen.
Der Erfolg wird im wesentlichen vom Material und von der richtigen Dimensionierung von Kapillare und Spritzkanal bestimmt

gungsbereichen hat sich das Verfahren besonders durchgesetzt:

Herstellung von Elektrolytkondensatoren. Kontaktierung von Aluminium-Anschlussfahnen, Herstellung von Verbindungen in Transistoren, Dioden und integrierten Schaltungen mit Gold- oder Aluminium-Drähten.

Interessant ist die Tatsache, dass mit dieser Technik auch Verbindungen zwischen metallischen und nichtmetallischen Stoffen hergestellt werden können. Es ist zum Beispiel möglich, Aluminium mit verschiedenen keramischen Stoffen direkt zu verbinden.

Das Ultraschallschweissen von Metallen ist bedeutend kritischer als das Thermoplastschweissen. Es erfordert genauere Kontrolle über Amplitude, Zeit und statischen Druck.

7. Zusammenfassung

Das Ultraschallschweissverfahren ist in der Lage, die herkömmlichen Verbindungsmethoden von Thermoplasten weitgehend zu ersetzen. Sein Einsatz ist vor allem da von Vorteil, wo gute und gleichbleibende Qualität, verbunden mit hohen Stückzahlen und niedrigen Fertigungskosten gefordert wird. Eine vollautomatische Anlage mit Drehtisch erlaubt z. B. eine Produktion bis zu 2000 Stück pro Stunde (Fig. 12).

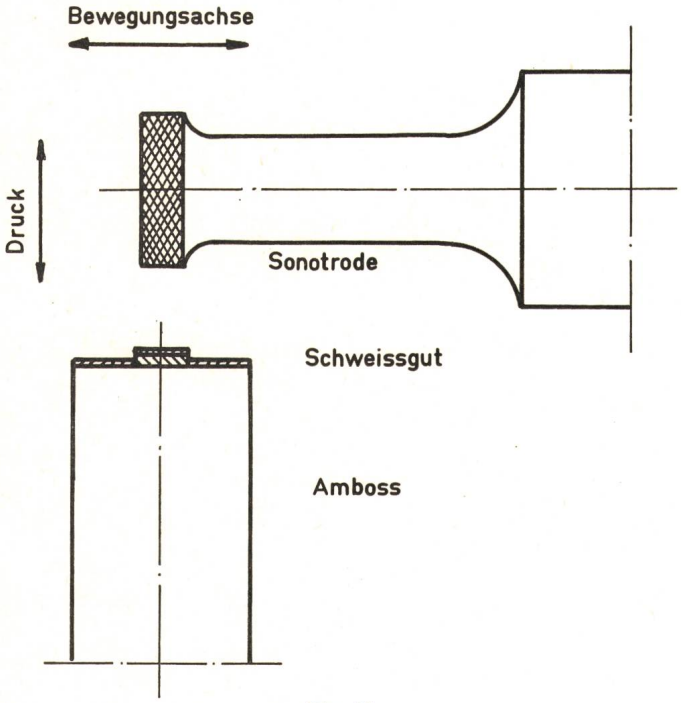

Fig. 11
Ultraschall-Metallschweissen
Beim Ultraschall-Metallschweissen muss die Schwingungsrichtung der Sonotrode im rechten Winkel zur Schweissebene liegen

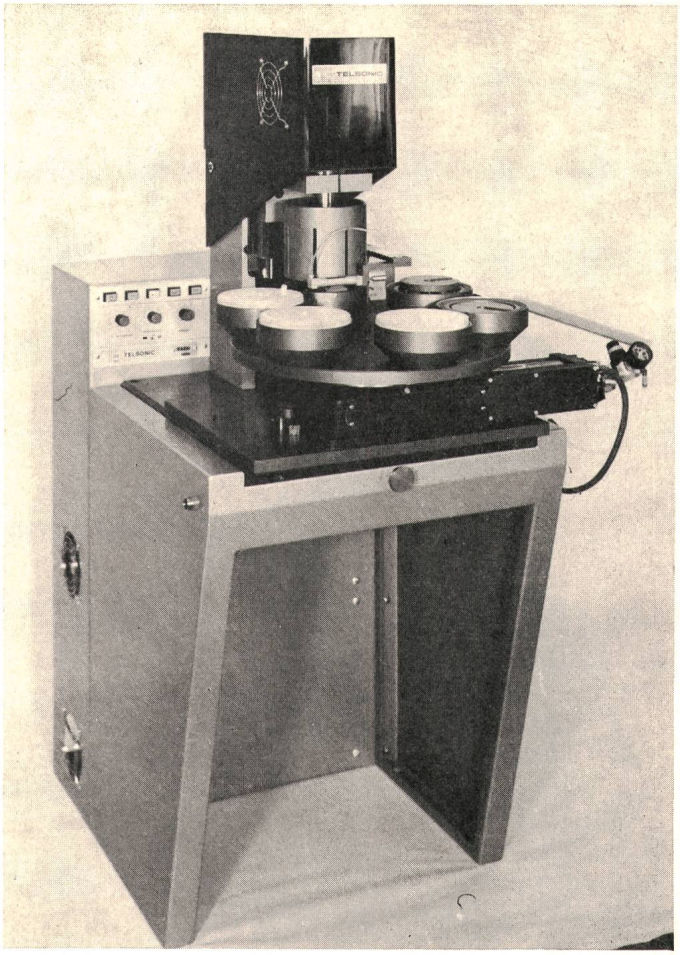

Fig. 12
Vollautomatische 1500-W-Ultraschall-Schweissanlage mit Drehtisch
Solche Maschinen sind in der Lage, bis zu 2000 Schweissungen pro Stunde auszuführen

Da die Ultraschall-Schweissmaschine keine speziellen, sondern universelle Anwendungsmöglichkeiten bietet, kann sie auch im Kleinbetrieb wirtschaftlich eingesetzt werden. Die Grenzen des Verfahrens liegen da, wo ungeeignete oder gruppenfremde Materialien verbunden werden müssen. Die Länge einer Schweissnaht ist auf ca. 500 mm beschränkt, und der Durchmesser einer kreisrunden Schweissnaht auf ca. 350 mm. Gute Ultraschallverbindungen erfordern eine ultraschallgerechte Konstruktion und eine Reihe von Überlegungen im frühen Stadium der Arbeit.

Adresse des Autors:
K. Frei, Telsonic AG, Wil.