

Ersetzt Ausgabe Juni 2002

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Verfahrensbeschreibung
- 3 Beschreibung der zu schweißenden Werkstoffe
 - 3.1 Homopolymere
 - 3.1.1 Polystyrol (PS)
 - 3.1.2 Polyacrylat (PMMA)
 - 3.1.3 Polycarbonat (PC)
 - 3.1.4 Polysulfon (PSU, PES)
 - 3.2 Copolymere
 - 3.2.1 Acrylnitril / Butadien / Styrol (ABS)
 - 3.2.2 Acrylnitril / Styrol / Acrylester (ASA)
 - 3.2.3 Styrol / Acrylnitril (SAN)
 - 3.2.4 Styrol / Butadien (SB)
- 3.3 Blends
 - 3.3.1 ABS+PC und ASA+PC
 - 3.3.2 PPE+SB
 - 3.3.3 PPE+PA
 - 3.3.4 PC+PBT
 - 3.3.5 PBT+ASA
- 4 Werkstoffbezogene Einflussfaktoren auf das Schweißverhalten
 - 4.1 E-Modul und mechanische Dämpfung
 - 4.2 Fließverhalten
 - 4.3 Füll- und Verstärkungsstoffe
 - 4.4 Sonstige Zusatzstoffe
 - 4.5 Recyclate, Regranulate, Regenerate
 - 4.6 Feuchtigkeit
 - 4.7 Unterschiedliche Schmelzpunkte der Komponenten bei Blends
 - 4.8 Schweißseignung von Werkstoffkombinationen
 - 4.9 Werkstoffdaten
- 5 Konstruktive Gestaltung der Fügeteile
 - 5.1 Spiegelausgleich und Distanznoppen
 - 5.2 Fügeteilzentrierung
- 6 Herstellqualität der Fügeteile
- 7 Schweiß- und Umformbedingungen
 - 7.1 Schweißen
 - 7.1.1 Amplitude
 - 7.1.2 Schweißdruck / Haltedruck
 - 7.1.3 Frequenz
 - 7.1.4 Konstruktive Gestaltung der Fügeteile
 - 7.2 Nieten, Bördeln, Verdämmen, Punktschweißen und Einbetten
- 8 Einflussfaktoren auf die Schweißnahtqualität
 - 8.1 Fließverhalten
 - 8.2 Füll- und Verstärkungsstoffe
 - 8.3 Sonstige Zusatzstoffe
 - 8.4 Recyclate, Regranulate, Regenerate
 - 8.5 Verschmutzung
 - 8.6 Feuchtigkeit
 - 8.7 Versatz

- 8.8 Spannungsrissempfindlichkeit
- 8.9 Lackierte, metallisierte und bedruckte Fügeteile
- 9 Prüfen der geschweißten Fügeteile
 - 9.1 Zerstörungsfreie Prüfungen
 - 9.1.1 Visuelle Prüfungen
 - 9.1.2 Dichtheitsprüfung
 - 9.2 Zerstörende Prüfungen
 - 9.2.1 Mechanische Prüfungen
 - 9.2.2 Mikroskopische Untersuchungen
 - 9.2.3 Mikrotomschnitte
 - 9.2.4 Anschliff- und Dünnstufentechnik
 - 9.3 Spannungsrisstest
- 10 Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Fertigungsprozess
 - 10.1 Konstruktions- und Prozess-FMEA
 - 10.2 Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung
 - 10.3 Eingangsprüfung der Fügeteile
 - 10.4 Prozess- oder Fertigungsüberwachung
- 11 Sicherheitsvorschriften
- 12 Schrifttum
- 13 Anwendungsbeispiele

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Ultraschallfügen von Formteilen untereinander, wie auch für Kombinationen von Formteilen und Halbzeugen aus amorphen Thermoplasten, Homo- und Copolymeren sowie deren Blends einschließlich verstärkte, gefüllte, elastomermodifizierte, brandgeschützte und Sondereinstellungen aus diesen Kunststoffen.

Diese Richtlinie ist im Zusammenhang mit den Richtlinien DVS 2216-1 bis -5 zu sehen, in welchen die allgemeinen Grundlagen für das Ultraschallfügen von Formteilen und Halbzeugen aus thermoplastischen Kunststoffen beschrieben sind.

2 Verfahrensbeschreibung

Beim Ultraschallschweißen und Ultraschallumformen werden die vom Generator erzeugten elektrischen Schwingungen im kHz-Bereich im Ultraschallwandler (Schallkopf, Konverter) in mechanische Schwingungen gleicher Frequenz umgewandelt und über das Transformationsstück (Booster) und die Sonotrode den Fügeteilen zugeleitet. Dabei arbeiten Generator, Ultraschallwandler, Transformationsstück und Sonotrode in Resonanz.

Die Erwärmung des thermoplastischen Kunststoffes im Fügebereich erfolgt durch Energieumwandlung infolge von Druckwechselbeanspruchung, verursacht durch die eingebrachten mechanischen Schwingungen, durch die Grenzflächenreibung der Fügeflächen und Reflexion. Die Orte maximaler Druckwechselbeanspruchung sind von der Fügeteilgeometrie abhängig.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Fügen von Kunststoffen“

3 Beschreibung der zu schweißenden Werkstoffe

3.1 Homopolymere

3.1.1 Polystyrol (PS)

Polystyrol wird häufig uneingefärbt eingesetzt, da hierbei das glänzende, glasklare Aussehen zum Tragen kommt. Formteile aus Polystyrol sind spröde, haben eine sehr geringe Wasseraufnahme und ein sehr gutes elektrisches Isolierverhalten. Unter Sonneneinstrahlung findet eine Vergilbung und Versprödung statt, die die Empfindlichkeit gegen Spannungsrisse noch erhöht. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 80°C, die Verarbeitungstemperatur je nach Type zwischen 190 und 260°C.

3.1.2 Polyacrylat (PMMA)

Haupteinsatzgebiet von Polymethylmethacrylat sind Bauteile mit optischen Anforderungen aufgrund der guten Lichtdurchlässigkeit und Kratzfestigkeit. Reines PMMA ist spröde, aber hervorragend witterungsbeständig und hat nur eine geringe Wasseraufnahme. Die Wärmeformbeständigkeit ist niedrig und die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei ca. 100°C, die Verarbeitungstemperatur bei 210 bis 250°C. Gegossenes PMMA ist nicht schweißgeeignet.

3.1.3 Polycarbonat (PC)

Polycarbonat wird transparent und eingefärbt eingesetzt. Formteile aus PC besitzen eine hohe Festigkeit und Zähigkeit. Die Witterungsbeständigkeit ist, ebenso wie das elektrische Isolierverhalten, gut. Die Wasseraufnahme ist gering, aber Wasserkontakt bei hohen Temperaturen führt zu einem Abbau der mechanischen Eigenschaften durch Hydrolyse. Die Spannungsrissempfindlichkeit durch Eigenspannungen kann durch Tempern bei 120°C reduziert werden. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 135°C, die Verarbeitungstemperatur bei 280 bis 320°C.

3.1.4 Polysulfon (PSU, PES)

Polysulfone sind hochwärmeformbeständig und haben auch bei hohen Temperaturen sehr gute elektrische Eigenschaften. Die Witterungsbeständigkeit und die Hydrolysebeständigkeit sind gut, jedoch wird Wasser schnell in geringen Mengen aufgenommen. Die Festigkeit ist gut, aber Formteile sind kerbempfindlich. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 200°C, die Verarbeitungstemperatur über 320°C.

3.2 Copolymere

3.2.1 Acrylnitril / Butadien / Styrol (ABS)

ABS gehört zur Polystyrol-Gruppe, die durch die Butadien-Komponente eine hohe Schlag- und Kerbschlagzähigkeit, auch bei tiefen Temperaturen, aufweist. Der Acrylnitrilanteil erhöht die Wärmeformbeständigkeit gegenüber PS. Die Spannungsriss- und Chemikalienbeständigkeit ist, ebenso wie die Kratzfestigkeit, gut. Spezielle ABS-Typen sind galvanisierbar. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 100°C, die Verarbeitungstemperatur bei 220 bis 260°C.

3.2.2 Acrylnitril / Styrol / Acrylester (ASA)

ASA ist vom chemischen Aufbau gleich mit ABS, wobei beim ASA die Butadien-Komponente durch Acrylester ersetzt ist. Die Eigenschaften sind mit ABS vergleichbar, allerdings wird es häufig glasklar eingesetzt und hat eine bessere Alterungs- und Witterungsbeständigkeit und ein sehr gutes antistatisches Verhalten. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 90°C, die Verarbeitungstemperatur bei 200 bis 280°C.

3.2.3 Styrol / Acrylnitril (SAN)

SAN zeigt gegenüber PS besseres Verhalten bei der Festigkeit, Zähigkeit, Kratzfestigkeit, Spannungsrissbeständigkeit und wird daher bevorzugt im technischen Bereich eingesetzt. Im nicht eingefärbten Zustand ist SAN glasklar, jedoch mit steigendem Acrylnitrilgehalt gelblich. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 95°C, die Verarbeitungstemperatur bei 220 bis 260°C.

3.2.4 Styrol / Butadien (SB)

SB wird auch als schlagfestes Polystyrol bezeichnet. Die hohe Schlagzähigkeit und Flexibilität wird durch die Butadien-Komponente erreicht. Durch sie erhält uneingefärbtes SB ein opakes Aussehen, und die Witterungsbeständigkeit wird stark herabgesetzt. Die Kerb- und Spannungsrissempfindlichkeit ist, ebenso wie beim reinen PS. Die maximale Gebrauchstemperatur liegt bei 80°C, die Verarbeitungstemperatur bei 200 bis 280°C.

3.3 Blends

Blends sind Kombinationen aus zwei oder mehreren verschiedenen Polymeren bzw. Copolymeren, die miteinander verträglich sind und daher molekular disperse, homogene Mischungen bilden, „einphasige Blends“, oder unverträglich sind, „phasenseparierte Blends“. Bei diesen mehrphasigen Blends ist meistens eines der Polymere die disperse Phase in dem zweiten (kohärente Phase) eingelagert. Die kohärente Phase (Matrix) bestimmt in der Regel das Schweißverhalten.

Mit den Blends können Kombinationen von Eigenschaften erreicht werden, die mit Standardpolymeren nicht zu erhalten sind, wie Steifigkeit und Zähigkeit.

In diese Richtlinie wurden auch die Blends mit aufgenommen, deren kohärente Phase aus einem teilkristallinen Thermoplast wie PA oder PBT besteht, da sonst eine exakte Abgrenzung nur schwer möglich ist. Einige der Blends werden nur mit Glasfaserverstärkung gefertigt.

3.3.1 ABS+PC und ASA+PC

Beide Blends gehören zu den phasenseparierten Blends mit PC als kohärente Phase; der PC-Anteil kann zwischen 45 und 85% liegen. Diese Blends zeichnen sich durch hohe Wärmeformbeständigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit und Witterungsbeständigkeit aus. Gegenüber PC ist die Spannungsrissbeständigkeit erhöht.

3.3.2 PPE+SB

Die Eigenschaften dieses einphasigen Blends können durch den großen Mischungsbereich (20 bis 95% PPE) in weiten Grenzen variiert werden. Mit zunehmendem PPE-Anteil nehmen Wärmeformbeständigkeit, Steifigkeit und Brandverhalten zu, Fließfähigkeit und Zähigkeit ab.

3.3.3 PPE+PA

Bei diesem phasenseparierten Blend stellt das Polyamid die kohärente Phase. Dieses Blend besitzt eine gute Chemikalienbeständigkeit und Dimensionsstabilität bei hoher Wärmeformbeständigkeit und geringer Wasseraufnahme.

3.3.4 PC+PBT

Dieses Polymerblend mit einem PC-Anteil von 40 bis 60% bietet eine ausgezeichnete Kombination mechanischer Festigkeit mit Chemikalienbeständigkeit und Dimensionsstabilität. Das Niveau der Chemikalienbeständigkeit hängt unmittelbar vom kristallinen Anteil des jeweiligen Blends ab: je höher die Kristallinität, desto höher die Chemikalienbeständigkeit.

3.3.5 PBT+ASA

PBT ist die kohärente Phase dieses phasenseparierten Blends und bestimmt daher weitgehend die Schweißesigenschaften. Auch die mechanischen und thermischen Eigenschaften weichen nur wenig von denen des PBT ab. Vorteile gegenüber PBT bietet es in der Dimensionsstabilität und Witterungsbeständigkeit.

4 Werkstoffbezogene Einflussfaktoren auf das Schweißverhalten

Grundsätzlich lassen sich alle amorphen Thermoplaste nach diesem Verfahren schweißen. Das Schweißverhalten wird durch die nachstehend aufgeführten Einflussfaktoren bestimmt. Weitere Angaben hierzu sind auch in Abschnitt 8 enthalten.