



Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Verfahrensbeschreibung
- 3 Kurzbeschreibung der zu schweißenden Werkstoffe
 - 3.1 Homopolymere
 - 3.1.1 Polystyrol (PS)
 - 3.1.2 Polymethylmethacrylat (PMMA)
 - 3.1.3 Polycarbonat (PC)
 - 3.1.4 Polysulfone (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 PC + ABS, PC + ASA
 - 3.3.2 PPE + SB
 - 3.3.3 PPE + PA
 - 3.3.4 PC + PBT
 - 3.3.5 PBT + ASA
 - 3.3.6 ABS + PMMA
 - 3.4 Amorphe Thermoplaste mit Zusatzstoffen
- 4 Werkstoffbezogene Einflußfaktoren auf das Schweißverhalten
 - 4.1 Fließverhalten
 - 4.2 Zusatzstoffe
 - 4.3 Füll- und Verstärkungsstoffe
 - 4.4 Recyclate
 - 4.5 Feuchtigkeit
 - 4.6 Unterschiedliche Schmelzbereiche der Komponenten bei Blends
- 5 Konstruktive Gestaltung der Fügebauteile
- 6 Schweißanlagen
 - 6.1 Bauarten
 - 6.2 Ausführungsformen
 - 6.3 Anforderungen an Heizelemente
 - 6.4 Aufnahmewerkzeuge
 - 6.5 Halterung und Fixierhilfen/Sondereinrichtungen
 - 6.6 Besonderheiten beim Hochtemperaturschweißen
 - 6.7 Besonderheiten beim Schweißen mittels Strahlungswärme
- 7 Schweißbedingungen
 - 7.1 Erwärmverfahren
 - 7.2 Angleichdruck
 - 7.3 Angleichzeit/Angleichweg
 - 7.4 Erwärmdruck
 - 7.5 Erwärmzeit
 - 7.6 Umstellzeit
 - 7.7 Fügedruck
 - 7.8 Abkühlzeit
 - 7.9 Kriterien beim Hochtemperaturschweißen
- 8 Einflußfaktoren auf die Schweißnahtqualität
 - 8.1 Konstruktive Hinweise
 - 8.2 Schmelzverhalten
 - 8.3 Zusatzstoffe
 - 8.4 Recyclate
 - 8.5 Verschmutzungen
 - 8.6 Feuchtigkeit
 - 8.7 Einflüsse von Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen

- 9 Prüfen der geschweißten Fügebauteile
 - 9.1 Spannungsrißprüfung
 - 9.2 Spannungsoptische Untersuchung
- 10 Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Fertigungsprozeß
- 11 Sicherheitsvorschriften
- 12 Normen und Richtlinien
- 13 Ausgewählte Anwendungsbeispiele

1 Geltungsbereich

Siehe Richtlinie DVS 2215-1 Abschnitt 1.

2 Verfahrensbeschreibung

Siehe Richtlinie DVS 2215-1 Abschnitt 2.

3 Kurzbeschreibung der zu schweißenden Werkstoffe

3.1 Homopolymere

3.1.1 Polystyrol (PS)

Polystyrol wird häufig uneingefärbt eingesetzt, da hierbei das glänzende, glasartige 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 Typ zwischen 190 und 260 °C.

3.1.2 Polymethylmethacrylat (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 etwa 100 °C, die Verarbeitungstemperatur bei 210 bis 250 °C. Gegossenes PMMA ist nicht schweißbar.

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 die elektrischen Isoliereigenschaften, 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 Polysulfone (PSU, PES)

Polysulfone sind hochwärmeformbeständig und haben auch bei hohen Temperaturen sehr gute elektrische Eigenschaften. Die Witterungsbeständigkeit und die Hydrolysebeständigkeit sind

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“

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 Verarbeitungstemperaturen 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 max. 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 max. Gebrauchstemperatur liegt bei 90 °C, die Verarbeitungstemperatur bei 230 bis 280 °C.

3.2.3 Styrol/Acrylnitril (SAN)

SAN zeigt gegenüber PS bessere Eigenschaften 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 nicht eingefärbtes SB ein opakes Aussehen, und die Witterungsbeständigkeit wird stark herabgesetzt. Die Kerb- und Spannungsrißempfindlichkeit ist besser als beim reinen PS. Die max. Gebrauchstemperatur liegt wie beim PS 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 entweder miteinander verträglich sind und daher molekular disperse, homogene Mischungen bilden („einphasige Blends“) oder nur teilverträglich sind („phasenseparierte Blends“). Bei diesen mehrphasigen Blends ist meistens eines der Polymere als 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 erhalten sind, wie z. B. Steifigkeit und Zähigkeit.

In diese Richtlinie wurden auch die Blends mit aufgenommen, deren kohärente Phase aus einer teilkristallinen Thermoplast wie PA oder PBT besteht, die eine exakte Abgrenzung nur schwer möglich ist. Außer den herkömmlichen Blends werden auch solche eingesetzt, die erst bei der Verarbeitung z.B. aus Recyclaten entstehen (ABS + PMMA). Einige der Blends werden bevorzugt mit Glasfaserverstärkung gefertigt.

3.3.1 PC + ABS, PC + ASA

Beide Blends gehören in der Regel zu den phasenseparierten Blends mit PC als kohärenter Phase; der PC-Anteil kann zwischen 40 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 dieser einphasigen Blends können durch den großen Mischungsbereich (20 bis 95% PPE) in weiten Grenzen variiert werden. Mit zunehmendem PPE-Anteil nehmen Wärmeformbeständigkeit und Steifigkeit zu, die Fließfähigkeit und Zähigkeit ab. Durch Kautschukzusätze kann die Schlagzähigkeit erhöht werden.

3.3.3 PPE + PA

Bei diesen phasenseparierten Blends stellt das Polyamid die kohärente Phase. Dabei kann ein PA 6, ein PA 66 oder ein anderes Polyamid eingesetzt werden. Diese Blends besitzen gute Chemikalienbeständigkeit und Dimensionsstabilität bei hoher Wärmeformbeständigkeit und geringer Wasseraufnahme.

3.3.4 PC + PBT

Blends dieser Kombination sind zweiphasig und weisen hohe Festigkeit, gute Dimensionsstabilität und Chemikalienbeständigkeit auf. Mit zunehmendem PBT-Gehalt nimmt die Chemikalienbeständigkeit zu.

3.3.5 PBT + ASA

PBT ist die kohärente Phase dieser phasenseparierten Blends und bestimmt daher weitgehend die Schweißigenschaften. Auch die mechanischen und thermischen Eigenschaften weichen nur wenig von denen des PBT ab. Ein Vorteil gegenüber PBT bietet es vor allem in der Dimensionsstabilität. Diese Blends werden bevorzugt mit Glasfaserverstärkung eingesetzt.

3.3.6 ABS + PMMA

Mischungen aus ABS und PMMA entstehen bei der Recyclierung von Kfz-Hohlbauteilen. Sie werden für die Herstellung von Heckleuchtengehäusen eingesetzt. Das Recyclat besitzt eine höhere Kratzfestigkeit, UV-Beständigkeit und Wärmeformbeständigkeit als ABS. Mit zunehmendem PMMA-Anteil nimmt die Schlagzähigkeit ab.

3.4 Amorphe Thermoplaste mit Zusatzstoffen

Zusatzstoffe wie

- Füll- und Verstärkungsstoffe
- Farbstoffe
- Brandschutzmittel
- Stabilisatoren
- Antistatika
- Elastifizierungsmittel
- Verarbeitungshilfsmittel (Entformungshilfen)
- Zusatzstoffe zur elektrischen Leitfähigkeit u. a.

können das Schweißverhalten beeinflussen. Zusatzstoffe können bestimmte Anforderungen an die Sicherheit geben (siehe auch Abschnitt 11).

4 Werkstoffbezogene Einflußfaktoren auf das Schweißverhalten

4.1 Fließverhalten

Das Fließverhalten von Thermoplastschmelzen wird durch die Schmelze-Volumenfließrate (MVR) oder die Schmelze-Massenfließrate nach ISO 1133 grob gekennzeichnet (Einpunktmesswert bei variabler Schergeschwindigkeit). In der Norm sind die Kombinationen von Temperatur und Masse festgelegt, bei der die Fließrate zu bestimmen ist. Es können nur Werte miteinander verglichen werden, die bei gleichen Prüfbedingungen (Massetemperatur und Belastungsgewicht) gemessen wurden (Tabelle 1).

Das Plastifizierverhalten der Fügezone wird entscheidend vom Schmelze-Fließverhalten des zu schweißenden Werkstoffes beeinflusst. Allgemein gilt: Leichtfließende Typen mit hoher MVR plastifizieren schneller als zähfließende mit niedriger MVR und neigen leichter zum Haften der Schmelze auf dem Heizelement. Das gilt besonders für Heizelementtemperaturen über 270 °C, bei denen keine Antihafbeschichtung aus PTFE eingesetzt wer-