

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Verfahrensbeschreibung (Kurzform)
- 3 Kurzbeschreibung der Werkstoffe PE, PP
 - 3.1 Polyethylen PE
 - 3.2 Polypropylen PP
 - 3.3 PP mit Zusatzstoffen
 - 3.4 Schweißrelevante Eigenschaften von Polyolefinen, Tabelle
- 4 Werkstoffbezogene Einflussfaktoren auf das Schweißverhalten
 - 4.1 Schmelz- und Volumenfließrate (MVR/MFR)
 - 4.2 Zusatzstoffe, Additive
 - 4.3 Füll- und Verstärkungsstoffe
 - 4.4 Zusatz von Recyclaten
 - 4.5 Einfluss der Feuchtigkeit
- 5 Konstruktionsmerkmale der Fügeteile
 - 5.1 Anforderungen (Nahtkontur)
 - 5.2 Toleranzen und Formgestaltung
 - 5.3 Fügezonengeometrien
- 6 Herstellung der Fügeteile
- 7 Schweißbedingungen
 - 7.1 Wahl und Überwachung der Verfahrensparameter (Schweißparameter)
 - 7.2 Einstellparameter
 - 7.3 Folgeparameter
 - 7.4 Verfahrensoptimierung
- 8 Qualitätssicherung
- 9 Sicherheitsvorschriften
- 10 Normen und Richtlinien
- 11 Anwendungsbeispiele

1 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für das Rotationsreibschweißen (RRS) von Formteilen aus Polyolefinen, im weiteren Verlauf als PE oder PP bezeichnet.

2 Verfahrensbeschreibung

Die Grundlagen werden in der Richtlinie DVS 2218-1 beschrieben.

Um hohe Schweißqualitäten zu erzielen, werden neuerdings Schweißmaschinen eingesetzt, die Mehrstufendrucke (unterschiedliche Drücke während der Schweiß- und Kühlphase) sowie eine Triggerung ermöglichen.

Die Maschinen der neuen Generation bieten weitere technische Möglichkeiten. So kann der Anwender zwischen folgenden Betriebsarten wählen:

- konstante Drehzahl, konstanter Schweiß- und Fügekraft
- konstante Drehzahl, variable Schweiß- und Fügekraft
- variable Drehzahl, konstanter Schweiß- und Fügekraft
- variable Drehzahl, variable Schweiß- und Fügekraft

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. Die Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Hierdurch können Material und Schweißnaht unter spezifischen Aspekten besser berücksichtigt und Schweißqualitäten weiter optimiert werden.

Außerdem verfügen moderne Reibschweißmaschinen über ein Diagnosesystem (Information über Fehlerquellen in der Maschine) zur

- Erfassung der Betriebsdaten
- Erfassung der Prozessdaten
- Bearbeitung der Prozessdaten bis zur statistischen Qualitätskontrolle
- Erstellung einer Datendokumentation

3 Kurzbeschreibung der Werkstoffe PE, PP

Polyolefine sind teilkristalline Kunststoffe, die sich sehr gut rotationsreibschweißen lassen. Die Auswahl des Materials oder des Typs soll daher nicht nur nach dem Anforderungsprofil des späteren Einsatzgebietes, sondern auch nach dem typspezifischen Schweißverhalten erfolgen. Vernetzte Polyolefine sind schlecht bis nicht schweißbar. Werkstoffkennwerte sowie typspezifische Eigenschaften können den Produktdatenblättern und den Datenbanken der Rohstoffhersteller, z. B. CAMPUS-Datenbank, entnommen werden.

3.1 Polyethylen PE

Nach ISO 1872-1 (DIN 16776-1) sind PE-Formmassen auf Basis von Polyethylen-Homopolymeren und/oder Polyethylen-Copolymeren. Falls erforderlich, können auch Füll- und/oder Verstärkungsstoffe enthalten sein.

3.1.1 Polyethylen-Homopolymere

Polyethylene entstehen in Abhängigkeit von den Polymerisationsbedingungen mit unterschiedlichem Verzweigungsgrad. Mit abnehmender Verzweigung der Moleküle nehmen der kristalline Anteil und die Dichte zu.

Mit steigender Dichte und molarer Masse nehmen Schmelztemperatur und Schmelzeviskosität zu. Mit steigender Schmelzeviskosität ist Polyethylen einfacher zu schweißen. Dichte und molare Masse beeinflussen auch die mechanischen und thermischen Eigenschaften des Polyethylens.

PE-LD (Dichte 0,915 - 0,934 g/cm³) besitzt eine langkettenverzweigte Struktur. Das linear aufgebaute PE-HD (Dichte 0,935 - 0,97 g/cm³) weist dagegen eine höhere Steifigkeit, Härte und Wärmeformbeständigkeit auf.

Mit zunehmender molarer Masse – gekennzeichnet durch abnehmende MVR/MFR-Werte – steigt bei PE die Spannungsrissebeständigkeit und Schlagzähigkeit, letztere steigt zusätzlich mit abnehmender Dichte, d. h. mit zunehmendem Verzweigungsgrad.

Die Molmassenverteilung (MMV) hat einen erheblichen Einfluss auf die Eigenschaften und Verarbeitung.

3.1.2 Polyethylen-Copolymere

Die Copolymerisation des Ethylens führt zu verzweigten Kettenstrukturen. Dadurch wird der kristalline Anteil verringert und die Schmelztemperatur, Dichte und Steifigkeit herabgesetzt, die Spannungsrissbeständigkeit erhöht. Beim Niederdruckprozess entstehen Polyethylene niedriger Dichte wie PE-U LD, PE-VLD und PE-LLD (Dichte 0,88 - 0,93 g/cm³) und PE-MD mittlerer Dichte (Dichte 0,93 - 0,94 g/cm³), welche eine lineare Struktur mit Kurzkettenverzweigungen aufweisen.

Beim Hochdruck-Prozess sind es polare Comonomere, wie Vinylacetat (VA), Acrylsäure (A), Acrylester, die z. B. eine flexibilisierende Wirkung und eine höhere Haftung zu Fremdmaterialien aufweisen.

Copolymere, wie EVAC, EAA, EEA, werden außer durch die Dichte und MVR/MFR noch zusätzlich durch Art und Menge der Comonomeren charakterisiert.

3.1.3 Polymergemische (Blends)

Polymergemische entstehen durch mechanische Einarbeitung von anderen Polymeren, z. B. PA. In den meisten Fällen werden hierzu noch sogenannte Verträglichkeitsmacher hinzugegeben. Die Qualität, Art und Konzentration der Komponente/n im Gemisch beeinflussen die Qualität der Schweißverbindung. Es sollten Versuche zur Klärung der Schweißseignung durchgeführt werden.

3.1.4 PE mit Zusatzstoffen

Polyethylene enthalten verschiedene Zusatzstoffe wie Stabilisatoren, Farbmittel, Antistatika, Verarbeitungshilfsmittel, Flamm- schutzmittel sowie eventuell auch Füll- und/oder Verstärkungs- stoffe. Da diese Zusatzstoffe die Schweißseigenschaften beein- flussen können, muss auch hier die Schweißseignung durch Versuche ermittelt werden.

3.2 Polypropylen PP

PP-Formmassen sind nach ISO 1843-1 (DIN 16774-1) thermo- plastische Formmassen auf der Basis von Propylen-Homopol- ymeren und/oder Propylen-Copolymeren. Es gibt Homopolymere mit hohen oder niedrigen kristallinen Anteilen, Blockcopolymer- e, Randomcopolymer- e, elastomermodifizierte sowie gefüllte und/ oder verstärkte Typen. Mit allen lassen sich gute Schweißquali- täten erreichen.

3.2.1 Polypropylen-Homopolymere

Formteile aus Homopolymeren zeichnen sich durch höhere Stei- gigkeit, Härte und Wärmeformbeständigkeit aus. Der Schmelz- temperaturbereich beginnt bei 160 °C. Die unterschiedlichen Typen sind durch ihren MVR/MFR-Wert gekennzeichnet.

3.2.2 Polypropylen-Copolymere

Bei Copolymeren unterscheidet man zwischen Blockcopoly- meren (PP-B), Randomcopolymeren (PP-R) und (PP-Q) Polypropy- len mit hoher Schmelzefestigkeit. Copolymere weisen höhere Zähigkeiten als Homopolymere und vergleichbare MFR/MVR- Werte auf. Randomcopolymer- e zeigen eine höhere Transparenz und einen herabgesetzten breiteren Schmelz- bereich.

Die unterschiedlichen Typen sind durch ihre MFR/MVR-Wert bzw. ihre Zähigkeit gekennzeichnet. Die Polypropylene sind teilkri- stalline Kunststoffe, die sich sehr gut rotationsrelaxieren lassen.

3.2.3 Elastomermodifiziertes PP

Die elastomermodifizierten PP-Formmassen enthalten in den meisten Fällen als Elastifizierungsmittel Ethylen-Propylen-Kau- tschuk (EPM, EPDM). Sie zeichnen sich besonders durch hohe Schlagzähigkeit in der Kälte, ausreichende Steifigkeit in der Wär- me, Verträglichkeit mit Füll- und Verstärkungsstoffen sowie durch eine gute Verarbeitbarkeit aus.

3.2.4 PP mit Füll- und Verstärkungsstoffen

Glasfaser-, naturfaser-, weide- oder talkumverstärkte/-gefüllte Polymere zeigen eine höhere Steifigkeit, Härte und Formbestän- digkeit in der Wärme, jedoch meistens eine geringere Schlag- zähigkeit als das ungefüllte Grundmaterial. Glasfaserverstärkte Typen mit einer Faserkopplung zeichnen sich durch hohe me- chanische Festigkeit, Steifigkeit und Wärmeformbeständigkeit aus. Orientierungen der Glasfasern im Formteil beeinflussen diese Eigenschaften und den Verzug. Daher ist eine Überprüfung der Schweißseignung meist notwendig.

3.3 PP mit Zusatzstoffen

Zusatzstoffe wie Fremdpolymere, Farbmittel, Stabilisatoren, An- tistatika, Verarbeitungshilfsmittel und Flamm- schutzmittel beein- flussen die Eigenschaften von PP, abhängig von der zugegebe- nen Menge. Auch hier sind Vorversuche für die Schweißseignung anzuraten.

3.4 Schweißrelevante Eigenschaften von Polyolefinen, Tabelle 1.

Tabelle 1. Eigenschaften von Polyolefinen – PE, PP – für das FR-Schweißen.

PE-, PP-Typ	Aufbau	Dichte g/cm ³	E-Modul N/mm ²	Schmelztemperatur °C	Schmelzeviskosität MVR /MFR
PE-LD	Homopolymerisat	0,915 -0,926	140 - 260 160 - 255	105 - 113 104 - 113	0,1 - 8 ³⁾ 15 - 250 ³⁾
PE-LLD	Homopolymerisat lin.	0,88-0,927	140 - 350	121 - 124	0,6 - 11 ³⁾
PE-MD	PE mittl. Dichte	0,93 - 0,944	380 - 800	125 - 128	0,7 - 1,0 ²⁾
PE-HD	PE hohe Dichte	0,935-0,97	550 - 1900 600 -1700	121 - 137	0,1 - 8 ¹⁾ 11 - 42 ¹⁾
PP-H	Homopolymerisat	0,898-0,912	500 - 1600 1100 - 1600	150 - 175	0,5 - 12 ⁴⁾ 15 - 60 ⁴⁾
PP-B	Blockpolymerisat, mittl. Fließfähigkeit	0,89 - 0,912	550 - 1650 1050 - 1700	160 - 175	0,8 - 9 ⁴⁾ 12 - 45 ⁴⁾
PP-Q	hohe Schmelzefestigkeit	0,89 - 0,90	400	160 - 170	0,8 - 20 ⁴⁾
PP-R	Randompolymerisat	0,895 - 0,905	700 - 1200	140 - 170	1,2 - 14 ⁴⁾
PPEPDM Copolymerisat	PP-Copolymerisat	0,896 - 0,915	350 - 1010		5 - 8 ⁴⁾

1) cm³/b. 190 °C/2,16 kg /10 min 2) cm³/b. 190 °C/5 kg /10 min 3) cm³/b. 190 °C/2,16 kg/10 min (MFR) 4) cm³/b. 230 °C/2,16 kg/10 min