

Ersetzt Ausgabe Mai 1999

**Inhalt:**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Geltungsbereich</li> <li>2 Funktionsprinzip           <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Heizelementschweißen               <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Berührungsloses Erwärmen von Formteilen mit hoher Klebeneigung ihrer Schmelzen</li> <li>2.1.2 Hochtemperaturschweißen</li> <li>2.1.3 Schweißen von Kunststoffen mit unterschiedlichen Schmelzeviskositäten</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>3 Schweißanlagen           <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Bauarten und Ausführungsformen</li> <li>3.2 Anforderungen an Heizelemente               <ul style="list-style-type: none"> <li>3.2.1 Gestaltung</li> <li>3.2.2 Werkstoffe</li> <li>3.2.3 Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>3.2.4 Temperaturbereich</li> <li>3.2.5 Temperaturgenauigkeit auf der Arbeitsfläche</li> </ul> </li> <li>3.3 Aufnahmewerkzeuge               <ul style="list-style-type: none"> <li>3.3.1 Halterungen und Fixierungshilfen</li> <li>3.3.2 Sondereinrichtungen</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>4 Konstruktive Gestaltung der Fügeiteile           <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Konstruktionsmerkmale der Fügeiteile</li> <li>4.2 Fügezonengeometrien               <ul style="list-style-type: none"> <li>4.2.1 Stumpfstoß-Grundformen</li> <li>4.2.2 Fügezonen mit verdeckter Schweißnaht</li> <li>4.2.3 Sonderformen</li> <li>4.2.4 Maßnahmen zur Schweißwulstbearbeitung</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>5 Werkstoffeinflüsse           <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Qualitätsanforderungen an die Fügeiteile</li> <li>5.2 Zusatzstoffe</li> <li>5.3 Feuchtigkeit</li> <li>5.4 Recyclate</li> <li>5.5 Kunststoffe unterschiedlicher Typen</li> <li>5.6 Unterschiedliche Kunststoffarten</li> </ul> </li> <li>6 Schweißbedingungen           <ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Allgemeine Anforderungen</li> <li>6.2 Wahl der Schweißbedingungen und Werkstoffkombinationen               <ul style="list-style-type: none"> <li>6.2.1 Fügeiteile gleicher Kunststoffart und gleichen Typs</li> <li>6.2.2 Fügeiteile gleicher Kunststoffart und ungleichen Typs</li> <li>6.2.3 Fügeiteile ungleicher Kunststoffart</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>6.3 Heizelementtemperatur</li> <li>6.4 Ausführung des Schweißens           <ul style="list-style-type: none"> <li>6.4.1 Angleichen</li> <li>6.4.2 Erwärmen</li> <li>6.4.3 Umstellen</li> <li>6.4.4 Fügen</li> </ul> </li> <li>7 Einflussfaktoren auf die Schweißnahtqualität           <ul style="list-style-type: none"> <li>7.1 Konstruktion</li> <li>7.2 Schmelzeverhalte</li> <li>7.3 Zusatzstoffe</li> <li>7.4 Recyclate</li> </ul> </li> <li>7.5 Verschmutzungen</li> <li>7.6 Feuchtigkeit</li> <li>7.7 Einfluss von Oberflächenbehandlung und Beschichtungen</li> <li>7.8 Mehrschichtverbunde</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>8 Maßnahmen zur Qualitätssicherung           <ul style="list-style-type: none"> <li>8.1 Überwachung der Schweißnaht</li> <li>8.2 Konstruktions- und Prozess-FMEA</li> <li>8.3 Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung</li> <li>8.4 Eingangsprüfung der Fügeiteile</li> <li>8.5 Qualitätsregelkarte in der laufenden Fertigung</li> <li>8.6 Statistische Prozesskontrolle (SPC)</li> </ul> </li> <li>9 Prüfen von Schweißverbindungen           <ul style="list-style-type: none"> <li>9.1 Zerstörungsfreie Prüfungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>9.1.1 Visuelle Prüfungen</li> <li>9.1.2 Ultraschall- und Röntgenprüfung</li> <li>9.1.3 Dichtigkeitsprüfung</li> <li>9.1.4 Thermographie</li> </ul> </li> <li>9.2 Zerstörenden Prüfungen</li> </ul> </li> <li>10 Schrifttum</li> <li>11 Ausgewählte Anwendungsbeispiele</li> </ul> |
|--|---|

**1 Geltungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für das Heizelementschweißen von Formteilen untereinander wie auch für Kombinationen von Formteilen und Halbzeugen, siehe hierzu auch Richtlinie DVS 2215-2 (PE, PP) und 2215-3 (Heizelementschweißen von amorphen Thermoplasten).

Für das Heizelementschweißen von Rohren mit Formteilen sind auch die zum Schweißen von Rohren erstellten DVS-Merkblätter und -Richtlinien 2207 in Betracht zu ziehen.

Weitere Normen, Richtlinien und Merkblätter sind in Abschnitt 10 aufgeführt.

**2 Funktionsprinzip**

Die Verbindungsflächen werden mit einem Heizelement durch Berührung oder berührungslos durch Wärmestrahlung plastifiziert und unter Druck geschweißt. Der Schweißprozess gliedert sich hierbei in mehrere Arbeitsschritte (Bild 1), wobei hauptsächlich zu unterscheiden ist zwischen

Angleichen = Ausgleichen von Unebenheiten

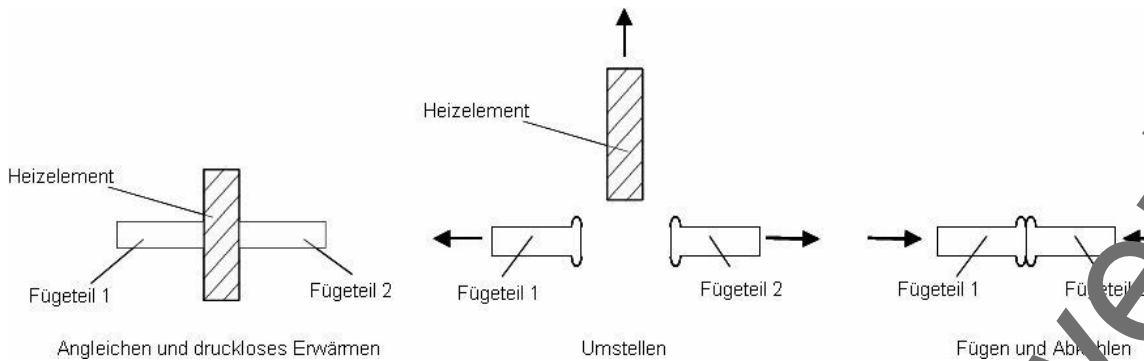
Erwärmen = Plastifizieren der Fügeflächen,

Umstellen = Entfernen des Heizelements,

Fügen = Schweißen der plastifizierten Fügeflächen unter Fügedruck und Abkühlen

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“



**Bild 1.** Teilprozesse beim Heizelementschweißen.

## 2.1 Heizelementschweißen

Für den jeweils zu schweißenden Kunststoff sind solche Erwärmbedingungen zu wählen, unter denen die Fügezonen nicht thermisch geschädigt werden. Zur Wärmeübertragung liegen die Fügeflächen am Heizelement an.

Beim Schweißen von Kunststoffen, deren Schmelzen auf dem Heizelement ankleben oder Erwärmtemperaturen erfordern, die über der zulässigen Gebrauchstemperatur der Antihaftüberzüge von 270°C liegen, sind andere Erwärmbedingungen zu wählen.

### 2.1.1 Berührungsloses Erwärmen von Formteilen mit hoher Klebeneigung ihrer Schmelzen

Die Fügeflächen können berührungslos durch Wärmestrahlung plastifiziert werden. Strahlungsquelle, Strahlungsdauer und Abstand sind so aufeinander abzustimmen, dass die Fügeflächen genügend plastifiziert, jedoch nicht thermisch geschädigt werden.

### 2.1.2 Hochtemperaturschweißen

Die Fügeflächen werden bei hohen Heizelementtemperaturen plastifiziert. Es sind je nach Kunststoffart solche Temperaturen einzustellen (siehe Abschnitt 3.2.4), bei denen in den Grenzflächen bereits ein thermischer Abbau erfolgt. Unter dieser Voraussetzung können die Fügeflächen vom Heizelement leicht gelöst werden. Produktrückstände verdampfen auf dem Heizelement während einer bestimmten Zeit. Die auf den Fügeflächen liegenden Abbauschichten werden durch Fließvorgänge beim Fügen teilweise herausgeschwemmt. Die durch Hochtemperaturschweißen hergestellten Nähte sind im Allgemeinen geringer belastbar. Es können für diese Erwärmethode vorwiegend solche Kunststoffe in Betracht gezogen werden, deren Rückstände auf dem Heizelement verdampfen. Die Dämpfe müssen abgesaugt werden. Das Hochtemperaturschweißen erfordert in der Regel nur kurze Erwärmzeiten.

Beim Hochtemperaturschweißen von verstärkten, gefüllten oder sonstigen Spezialtypen können sich nicht verdampfende Rückstände auf dem Heizelement bilden. Der Einfluss dieser Rückstände auf das Schweißverhalten ist zu prüfen, gegebenenfalls ist eine Reinigung erforderlich.

### 2.1.3 Schweißen von Kunststoffen mit unterschiedlichen Schmelzeviskositäten

Zur Angleichung der Schmelzeviskositäten sind die Erwärmbedingungen entsprechend anzupassen. Die Anpassung der Schmelzeviskosität erfolgt über unterschiedliche Heizelementtemperaturen und/oder Erwärmzeiten für die beiden Fügepartien.

## 3 Schweißanlagen

### 3.1 Bauarten und Ausführungsformen

Man unterscheidet bei Heizelementschweißmaschinen zwischen Standardmaschinen und Sondermaschinen:

- Standardmaschinen sind dadurch gekennzeichnet, dass damit durch leichte Austauschbarkeit von Formwerkzeugen und Heizelementen geometrisch unterschiedlich gestaltete Formteile geschweißt werden können.

- Sondermaschinen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie vorwiegend für eine spezielle Schweißaufgabe entwickelt und eingesetzt werden. Die Maschinen können hydraulisch, pneumatisch oder elektromechanisch betätigt werden. Auch die Kombination mit anderen Schweißverfahren ist möglich.

Man unterscheidet zudem zwischen horizontal und vertikal arbeitenden Anlagen (Bewegung der Formteile zueinander), die je nach Formteilgeometrie und Handhabungsmöglichkeit zur Anwendung kommen.

### 3.2 Anforderungen an Heizelemente

Dimensionierung und Heizleistung müssen auf die Schweißaufgabe abgestimmt sein.

Die Wärme wird von elektrischen Heizkörpern zur Oberfläche des Heizelements durch möglichst gut wärmeleitenden Werkstoff übertragen. Die Aufhängung muss so wärmeisoliert sein, dass die Wärmeableitung gering ist. Bei der Auslegung des Heizelements ist die Wärmeausdehnung im Bezug auf die Formgebung und Fixierung zu berücksichtigen.

### 3.2.1 Gestaltung

Heizelementaufsätze oder direkt beheizte Heizelemente müssen in Form und Lage den Fügeflächen der zu schweißenden Teile angepasst sein. Aufsätze und PTFE-Folien müssen leicht austauschbar sein. Wärmeabschirmblenden können integriert werden, um bestimmte Zonen vor Strahlungswärme zu schützen.

### 3.2.2 Werkstoffe

Heizelemente müssen aus gut wärmeleitenden, möglichst korrosionsbeständigen Werkstoffen bestehen und für die vorgesehenen Arbeitstemperaturen geeignet sein. Vorrangig werden sie aus Al-Legierungen hergestellt. Beim Hochtemperaturschweißen werden auch Spezialwerkstoffe eingesetzt (beispielsweise Aluminium-Bronze und Spezialstähle).

### 3.2.3 Oberflächenbeschaffenheit

Die Nutzfläche eines Heizelements muss so beschaffen sein, dass das Verbleiben von Rückständen des plastifizierten Werkstoffes vermieden wird und das Reinigen ohne Beschädigung möglich ist. Zwecks leichterer Sauberhaltung der Oberfläche und Minderung der Haftkräfte beim Ablösen der Fügeile werden bei der Kontaktwärmerung Beschichtungen aus PTFE bzw. Bespannungen aus PTFE beschichteten Glasfasergeweben empfohlen. Übliche Beschichtungsdicken sind 30 bis 50 µm oder PTFE-Glasfasergewebefolien in Dicken von 100 bis 300 µm.

PTFE-Beschichtungen oder -Bespannungen der Heizelemente dürfen im Dauereinsatz nur bis maximal 270°C verwendet werden. Bei PTFE-Folien gilt die Temperatur auf der blanken Heizelementoberfläche. Höhere Temperaturen müssen vermieden werden, da sich sonst gesundheitsschädliche Zersetzungsprodukte bilden.