

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Allgemeine Verfahrensbeschreibung
- 3 Anforderungen an Schweißmaschinen
  - 3.1 Allgemeines
  - 3.2 Spezielle Anforderungen für Wegregelung/Wegsteuerung
- 4 Strahlungsheizelemente
  - 4.1 Strahler
    - 4.1.1 Strahlertypen
    - 4.1.2 Temperaturgenauigkeit
- 5 Schweißen, Ausführung und Parameter
  - 5.1 Allgemeine Anforderungen
  - 5.2 Maßnahmen vor dem Schweißen
    - 5.2.1 Schweißvoraussetzungen
    - 5.2.2 Reinigung
  - 5.3 Vorbereiten der Fügeteile
  - 5.4 Schweißausführung
    - 5.4.1 Einfahren
    - 5.4.2 Anwärmen
    - 5.4.3 Umstellen
    - 5.4.4 Fügen
    - 5.4.5 Abkühlen
  - 5.5 Sicherheitshinweise
- 6 Prüfen der Schweißverbindung
- 7 Normen und Richtlinien
  - 7.1 Normen
  - 7.2 Richtlinien
- 8 Erläuterung

Anhang: Hinweise und Protokoll für das Prüfen von Maschinen  
Schweißprotokolle

**1 Geltungsbereich**

In dieser Richtlinie werden das berührungslose Heizelementstumpfschweißen sowie die Anforderungen beschrieben, die an Geräte und Maschinen zu stellen sind. Anhand der angegebenen Merkmale kann der Verarbeiter prüfen, mit welchen Geräten oder Maschinen seine Schweißaufgaben werkstoffgerecht und sicher realisierbar sind.

Die Richtlinie bezieht sich auf die Verfahren und die verschiedenen Ausführungsarten des Heizelementstumpfschweißens, bei denen die Erwärmung der Fügeflächen berührungslos erfolgt. Behandelt werden Maschinen und Geräte und deren Parameter zum Schweißen von Rohrleitungsteilen, Tafeln und anderen Bauteilen aus PP (PP-H/PP-B/PP-R) und PVDF. Gegebenenfalls ist dabei die Systemabhängigkeit gemäß Herstellerangaben bei Werkstoffkombinationen innerhalb PP bzw. PVDF zu beachten. Bezüglich der Schweißregeln der Werkstoffe PP und PVDF siehe Geltungsbereich in DVS 2207-11 und DVS 2207-15.

Beim Schweißen anderer Kunststoffe, z. B. PFA, E-CTFE, müssen die Parameter überprüft und ggf. angepasst werden. Die Schweißnahtqualität muss systemabhängig (Maschine, Parameter, Werkstück) nachgewiesen werden.

**2 Allgemeine Verfahrensbeschreibung**

Beim berührungslosen Heizelementstumpfschweißen sind die Fügeflächen der zu schweißenden Teile spanend vorzubereiten,

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung 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.

um eine planparallele Fügefläche zu erzeugen. Die Fügeflächen sind unter Einhaltung eines definierten Abstandes berührungslos durch das Heizelement zu erwärmen und in einen thermoplastischen Zustand zu überführen (Anwärmen). Nach der Erzeugung einer Schmelzeschicht wird das Strahlungsheizelement entfernt (Umstellen), und die Teile werden unter Druckgefügt (Fügen). Die Schweißnaht muss unter Beibehaltung der Fügekraft bzw. der Fügeposition abkühlen.

Bei Heizelementstumpfschweißmaschinen mit Strahlungserwärmung unterscheidet man folgende Fertigungsverfahren:

- Schweißen mit Fügedruckregelung: der Fügedruck wird eingestellt und von der Maschine konstant gehalten.
- Schweißen mit Fügewegbegrenzung: der Fügeweg wird durch einstellbare Anschläge vorgegeben.
- Schweißen mit kombinierter Fügedruckregelung und Fügewegbegrenzung: der Fügeweg wird durch die Maschinensteuerung begrenzt und nach Unterschreitung einer bestimmten Fügekraft durch thermische Rückbildung auf Fügekraftregelung umgeschaltet.

**3 Anforderungen an Schweißmaschinen****3.1 Allgemeines**

Die Anforderungen an Schweißmaschinen für das berührungslose Heizelementstumpfschweißen sind in der Richtlinie DVS 2207-1 genannt. Darüber hinaus gehende Anforderungen sind in Abschnitt 3.2 zu finden.

**3.2 Spezielle Anforderungen für Wegregelung/Wegsteuerung**

Schweißmaschinen mit automatisiertem Fügeprozess erfordern eine Einrichtung zur exakten Wegregelung. Bei manuell zu bedienenden Maschinen muss die Position der Führungselemente durch Anschläge exakt einstellbar sein.

Bei Verwendung von mechanischen Wegbegrenzungen (Anschlägen) sind diese so geschützt anzuordnen, dass eine Verschmutzung oder ein Hineinfallen von Spänen ausgeschlossen ist. Die reproduzierbare Positioniergenauigkeit muss  $\pm 0,05$  mm betragen.

**4 Strahlungsheizelemente**

Heizelement und Maschine bilden eine Einheit. Daher ist die Maschine beim Auswechseln des Heizelements neu zu kalibrieren.

Das Heizelement muss so konstruiert sein, dass unter Betriebsbedingungen ein einwandfreies Anwärmen der Fügeflächen auf Schweißtemperatur gewährleistet ist. Die Handhabung des Heizelementes muss die Einhaltung der Umstellzeit nach Tabelle 2 ermöglichen.

Die Stromzuführung ist im Bereich des Heizelementes gegen thermische Beschädigungen zu schützen, ebenso die Nutzfläche des Heizelementes gegen mechanische Beschädigungen.

Die Aufhängung und Führung des Heizelementes ist so zu gestalten, dass das Heizelement zu den Fügeflächen planparallel steht.

Das verwendete Heizelement muss innerhalb seiner Nutzfläche planparallel, die maximale Abweichung kleiner als 0,2 mm sein. Die Messung erfolgt bei  $23 \pm 2$  °C.

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

#### 4.1 Strahler

Die Heizelemente zum berührungslosen Schweißen sind Strahlungsheizelemente, die nach Wellenlängenbereichen klassifiziert werden.

##### 4.1.1 Strahlertypen

Folgende Strahlertypen sind üblich:

- Kurzwellige oder Hellstrahler  
(Wellenlängenbereich bis 1,6  $\mu\text{m}$ )
- Mittelwellige Strahler  
(Wellenlängenbereich > 1,6 bis 3,5  $\mu\text{m}$ )
- Langwellige oder Dunkelstrahler  
(Wellenlängenbereich > 3,5  $\mu\text{m}$ )

Strahler sind im Allgemeinen derart aufgebaut, dass ein Glühdraht in einer metallischen oder keramischen Masse eingebettet ist, der auf eine Temperatur bis zu 1000 °C aufgeheizt werden kann. Dadurch wird eine Infrarot-Strahlung (IR) erzeugt.

##### 4.1.2 Temperaturgenauigkeit

Die an einem Heizelement gegenüber der Temperatureinstellung gemessenen Temperaturabweichungen ergeben sich aus technisch bedingten Ungenauigkeiten (Reglerabweichung und Temperaturverteilung über die Nutzfläche), der Einbaulage des Elementes (z. B. natürliche Konvektion, Abschirmungseffekte) und Umgebungseinflüssen (z. B. Zugluft).

**Tabelle 1. Maximal zulässige, technisch bedingte Temperaturabweichungen.**

	Heizelemente für Rohre und Formstücke		Heizelemente für Tafeln
Nutzfläche [cm <sup>2</sup> ]	< 250	≥ 250 ... ≤ 2000	unabhängig
Reglerabweichung [°C]	3	3	3
Temperaturverteilung über die Nutzfläche [°C]	5	7	8
Technisch bedingte Gesamtabweichung [°C]	8	10	11

Da jedes Heizelement eine eigene Strahlungscharakteristik besitzt, müssen Element und Maschine aufeinander abgestimmt (kalibriert) werden. Daraus resultieren unterschiedliche Heizelementoberflächentemperaturen bei gleicher, an der Maschine eingestellter Vorgabetemperatur. Dies ist bei der Messung der Heizelementtemperatur zu berücksichtigen.

Die Messungen werden bei einer Umgebungstemperatur von  $23 \pm 2$  °C und einer Bezugstemperatur, die im Arbeitsbereich der Maschine liegen muss, durchgeführt.

Da die Heizelemente hohe Temperaturen aufweisen, ist die Messung mit einem geeigneten Messgerät durchzuführen. Bei Verwendung von berührungslosen Messgeräten (Dunkelstrahler) ist ein Messfleckdurchmesser von maximal 20 mm einzuhalten.

## 5 Schweißen, Ausführung und Parameter

Beim Heizelementstumpfschweißen mit Strahlungserwärmung sind die Schweißparameter systemabhängig. Im Folgenden werden die Verfahrenspalette und Verfahrenshinweise für das Schweißen mit Fügdruck- bzw. Fügwegbegrenzung gegeben.

### 5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Qualität der Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen, Vorrichtungen und Werkstücke sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien. Die Schweißnaht kann durch zerstörende

und/oder visuelle Verfahren geprüft bzw. begutachtet werden.

Die Schweißarbeiten sind zu überwachen. Art und Umfang der Überwachung muss vereinbart werden. Es wird empfohlen, die Prozessdaten in Schweißprotokollen (Muster siehe Anhang) oder auf Datenträgern zu dokumentieren.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wird empfohlen, vor, während und während der Schweißarbeiten unter den gegebenen Arbeitsbedingungen Probennähte herzustellen und zu prüfen.

Jeder Schweißer muss ausgebildet sein. Das vorgesehene Anwendungsgebiet ist für die Art der Qualifikation bestimmend. Als Qualifikationsnachweis gilt die Schweißerprüfungsgeschicklichkeit nach DVS 2212-1 in den Gruppen I-4 bzw. I-8 in Verbindung mit einem ergänzenden Ausbildungsnachweis über berührungsloses Heizelementstumpfschweißen durch eine anerkannte Bildungseinrichtung für den jeweiligen Maschinentyp oder durch den jeweiligen Maschinenhersteller.

### 5.2 Maßnahmen vor dem Schweißen

#### 5.2.1 Schweißvoraussetzung

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z. B. Feuchtigkeitseinwirkung bei Temperaturen unter + 5 °C bzw. über + 40 °C) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z. B. Vorwärmen, Einzelteile beheizen) sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende Werkstücktemperatur eingehalten werden kann, darf – soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit beeinträchtigt wird – bei beliebiger Außentemperatur gearbeitet werden. Gegebenenfalls ist durch Herstellen von Probennähten unter den genannten Bedingungen ein zusätzlicher Nachweis zu führen, siehe Abschnitt 6.

Falls das Werkstück infolge Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt wird, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle ein Temperatenausgleich zu schaffen. Eine Abkühlung während des Schweißvorganges durch unkontrollierten Luftzug ist zu vermeiden. Beim Schweißen von Rohren sind die Röhrenden zu verschließen.

Die Fügeflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht beschädigt und müssen frei von Verunreinigungen (z. B. Schmutz, Fett, Spänen) sein.

Mit dem Schweißvorgang darf erst begonnen werden, wenn die Heizelementtemperatur im Toleranzbereich gemäß Herstellerangabe stabil ist. Dies ist durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten, z. B. zeitliche Sperre, Sperrung der Menüführung usw. Um eine exakte Temperaturverteilung auf der Heizelementoberfläche zu gewährleisten, soll das Heizelement in der Ruheposition in einer geeigneten Schutzvorrichtung aufbewahrt werden.

#### 5.2.2 Reinigung

Für die Herstellung einwandfreier Schweißverbindungen ist die Sauberkeit und Fettfreiheit sowohl der Fügeflächen als auch der Werkzeuge und Heizelemente von entscheidender Bedeutung.

##### 5.2.2.1 Reinigungsmittel

Die Verwendung von Reinigungsflüssigkeit ist den Herstellerangaben zu entnehmen.

Das Papier zur Reinigung muss sauber, unbenutzt, saugfähig, nicht fasernd und uneingefärbt sein.

##### 5.2.2.2 Reinigen des Heizelementes

Aufgrund der hohen Heizelementtemperaturen darf das Heizelement nicht im aufgeheiztem Zustand gereinigt werden. Verschmutzungen sind am kalten Heizelement zu entfernen, wobei die Vorgaben des Maschinenherstellers zu beachten sind.

##### 5.2.2.3 Reinigen der Fügeflächen

Vor der spanenden Bearbeitung der Fügeflächen ist sicherzustellen, dass die benutzten Werkzeuge und die Werkstücke im Schweißbereich sauber und fettfrei sind, gegebenenfalls ist mit einem Reinigungsmittel zu reinigen.