

work.info

Schweißen

November 2011



Anwendungstechnische Beratung

Applied technical advice

Communication d'informations techniques d'utilisation

Unsere anwendungstechnische Beratung erfolgt nach bestem Wissen und basiert auf Ihren Angaben sowie dem uns bekannten Stand der Technik. Die Beratung stellt keine Zusicherung von bestimmten Eigenschaften dar und begründet kein selbstständiges vertragliches Rechtsverhältnis.

Wir haften nur für Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit. Unsere Angaben entbinden Sie nicht von der Pflicht der eigenen Prüfung.

Änderungen aufgrund neuer Erkenntnisse und Bewertungen bleiben vorbehalten.

Our applied technical advice is given according to our best knowledge to assist in the use of our products. It is based upon your data and our knowledge of the general status of technology. The advice offers no guarantee of particular characteristics or qualities and establishes no independent contractual legal relationships.

We are only liable for intent or gross negligence. Our data does not release you from the obligation of your own controls and to ensure suitability for the particular application.

We reserve the right to update information without notice as part of our continuous research and development programme.

Les informations techniques, que nous vous communiquons, concernant l'utilisation de nos produits, résultent de notre large expérience. Elles sont établies selon vos données techniques et d'après le niveau actuel de la Technologie. Ces informations ne peuvent en aucun cas avoir un caractère de garantie au regard des caractéristiques ou qualités particulières, elles n'engendrent pas de relations contractuelles et juridiques.

Notre responsabilité ne peut être mise en cause qu'en cas de reconnaissance d'intention ou de négligence grave. Le fait de communiquer nos informations ne vous délivre pas de votre devoir quant à la réalisation de tests faits par vos soins.

Les informations contenues dans nos catalogues et brochures sont mises à jour au fur et à mesure de l'avancement de notre programme de Recherche et Développement.

Inhalt

| | | |
|----------|----------------|---|
| 1 | Vorwort | 5 |
|----------|----------------|---|

| | | |
|----------|--|---|
| 2 | Warmgasschweißen | 6 |
| 2.1 | Arbeitsplatz | 6 |
| 2.2 | Nahtvorbereitung | 6 |
| 2.3 | Verfahren | 6 |
| 2.4 | Schweißfehler | 8 |
| 2.5 | Nachbearbeitung der Schweißnähte | 9 |
| 2.6 | Verschweißbarkeit unterschiedlicher Werkstofftypen | 9 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3 | Hezelementschweißen | 10 |
| 3.1 | Abkantschweißen | 11 |
| 3.2 | Hezelementstumpfschweißen für Rohre und Formteile | 13 |
| 3.3 | Hezelementmuffenschweißen | 17 |

| | | |
|----------|----------------------------|----|
| 4 | Heizwendelschweißen | 18 |
| 4.1 | Grundbedingungen | 18 |
| 4.2 | Schweißnahtvorbereitung | 18 |
| 4.3 | Schweißvorgang | 18 |

| | | |
|----------|----------------------|----|
| 5 | Reibschweißen | 19 |
| 5.1 | Verfahren | 19 |
| 5.2 | Schweißvorbereitung | 19 |
| 5.3 | Schweißvorgang | 19 |

| | | |
|----------|--|----|
| 6 | Extrusionsschweißen | 21 |
| 6.1 | Vorbereitung | 21 |
| 6.2 | Temperatur | 21 |
| 6.3 | Feuchtigkeitseinfluss | 22 |
| 6.4 | Gerät | 23 |
| 6.5 | Nachbearbeitung der Schweißnaht | 24 |
| 6.6 | Vermeidung von Hohlraumbildung im Schweißgut | 24 |
| 6.7 | Nahtformen | 25 |
| 6.8 | Einflussgrößen für einwandfreie Stoßnähte | 26 |

Inhalt

| | | |
|----------|---|----|
| 7 | Prüfung der Schweißnahtfestigkeit | 27 |
| 7.1 | Manuelle Prüfung | 27 |
| 7.2 | Schweißfaktor (Zugversuch) (DVS 2203, Teil 2) | 27 |
| 7.3 | Technologischer Biegeversuch | 28 |

| | | |
|----------|---|----|
| 8 | Schweißverbindungen | 31 |
| 8.1 | Gestaltfestigkeit von Schweißverbindungen | 31 |
| 8.2 | Lage von Schweißnähten | 32 |
| 8.3 | Spannungen | 34 |

| | | |
|----------|-----------------|----|
| 9 | Beratung | 36 |
|----------|-----------------|----|

| | | |
|-----------|----------------------------------|----|
| 10 | Normen und Quellenangaben | 37 |
| 10.1 | DVS-Merkblätter | 37 |
| 10.2 | DIN-Normen | 38 |
| 10.3 | VDI-Richtlinien | 38 |
| 10.4 | KRV-Richtlinien | 38 |

| | | |
|-----------|---------------------------------------|----|
| 11 | Anhang | 39 |
| | Wargasschweißen | 41 |
| | Hezelementstumpfschweißen von Platten | 42 |
| | Hezelementstumpfschweißen von Rohren | 48 |
| | Hezelementmuffenschweißen | 52 |

SIMONA weltweit

1 Vorwort

Unter Kunststoffschweißen versteht man das unlös-
bare Verbinden von thermoplastischen Kunststoffen
unter Anwendung von Wärme und Druck mit oder ohne
Verwendung eines Zusatzwerkstoffes. Die irreführen-
derweise als Kalt- oder Quellschweißung bezeichneten
Verfahren gehören nicht unter diesen Begriff, da hier
mit Lösungsmitteln die Oberfläche angelöst und ver-
klebt wird.

Alle Schweißvorgänge finden im plastischen Werk-
stoffzustand der Fügeflächengrenzbereiche statt. Dort
verknüpfen und verschlingen sich die Fadenmoleküle
der aufeinandergedrückten Füge Teile zu einer homo-
genen Werkstoffverbindung.

Grundsätzlich können nur Kunststoffe der gleichen
Art, also z.B. PP mit PP, und innerhalb dieser nur
solche mit gleichem oder ähnlichem (benachbarten)
Molekulargewicht und gleicher Dichte miteinander
verschweißt werden, wobei die Farbgebung unberück-
sichtigt bleiben kann.

Einzigste Ausnahme hierzu bildet die Möglichkeit einer
ausreichenden Verbindung durch Schweißen von PVC-U
mit Acrylglas (PMMA).

2 Warmgasschweißen

(siehe auch DVS 2207-3)

2.1 Arbeitsplatz

Zu einer Schweißplatzausrüstung gehören neben dem Warmgasschweißgerät mit Düsen (Schnellschweißdüse in 3, 4 und 5 mm Ø, Fächelschweiß- und Heftdüse, Düsen für Profildrähte), Temperaturmeßgerät, Luftmengemesser, Öl- und Wasserabscheider. Temperaturmessgeräte oder Temperaturmessstationen mit nadel-förmiger Spitze haben sich als besonders günstig erwiesen, da diese sich zur Temperaturmessung in die Düse einschieben lassen. Die exakte Messung der Temperatur (nach Tabelle Seite 40 – 5 mm in der Düse) – ist eine der Vorbedingungen für Schweißnähte mit hohem Schweißfaktor (siehe Seite 27).

2.2 Nahtvorbereitung

Die wichtigsten Nahtformen sind DV-(X)-Naht und V-Naht sowie für rechtwinklig zu verschweißende Platten die Kehlnaht. Die Platten müssen einwandfrei begradigt sein und auf 30° angefast werden. Das kann mit Hobel, Abrichte, Fräse, Messer oder Ziehklinge geschehen.

Die am häufigsten gebrauchte Naht ist die DV-Naht, bei der man von beiden Seiten – im Wechsel zur Verminderung von Verzug – schweißt. Für dünnere Platten und bei Konstruktionen, bei denen man nur von einer Seite schweißen kann, empfiehlt sich die V-Naht. Auf eine spangebende Reinigung der Schweißflächen an Platte und Draht kann nicht verzichtet werden.

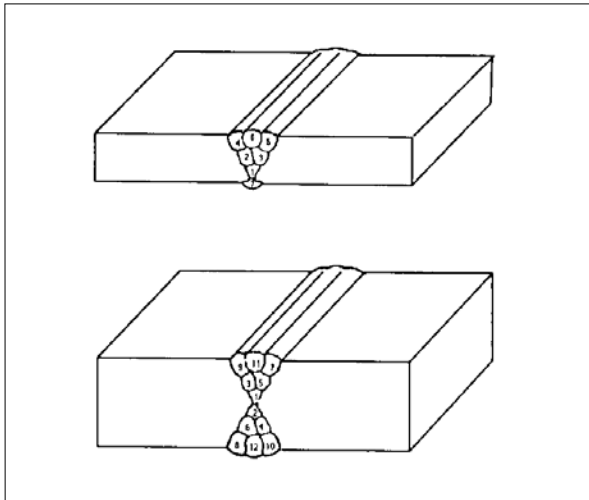
Schmutz, Fett, Handschweiß, Oxidschichten müssen zur Erzielung eines hohen Schweißfaktors spangebend entfernt werden. Eine Reinigung mit Lösungsmitteln genügt nicht.

2.3 Verfahren

Optimale Werte ergeben sich nur, wenn Grundwerkstoff und Draht gleichmäßig plastisch sind. Die Geräte sind in Abständen auf Temperatur und Luftmenge zu kontrollieren und ggf. nachzuregeln.

Vor dem Ansetzen des Schweißdrahtes wird die Anfangsstelle kurz vorgewärmt, bis die Oberfläche matt wird. Vor jeder neuen Schweißbraupe werden der Schweißwulst und die bei den hohen Temperaturen beschleunigt auftretenden Oxidschichten mit geeigneten Werkzeugen spangebend ausgeschabt.

Zur Verminderung von Verzug ist wichtig, dass jede Schweißnaht an der Luft auskühlt, bevor eine neue Lage aufgebracht wird. Sollen dickere Platten mit DV-Naht-Vorbereitung verschweißt werden, so ist die Platte nach jeder Schweißlage zu wenden, so dass die Nähte in ihrer Reihenfolge immer gegenüberliegend angeordnet sind. Beim Schweißen ist auf eine gleichmäßig breite erwärmte Zone auf beiden Seiten der Naht in ca. 5–8 mm Breite zu achten. Für eine gute Verbindung von Platten untereinander ist die Erzielung eines Doppelwulstes wichtig, wobei beide Partner in ihrer plastischen Zone verschmelzen. Die Molekülketten fließen ineinander und ein Doppelwulst entsteht.



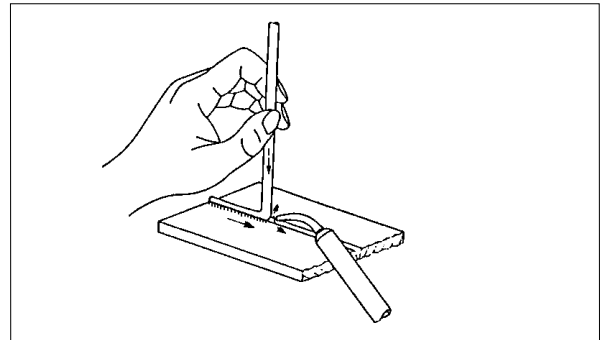
Die wichtigsten Schweißnahtformen beim Warmgasschweißen

Beispiele für den Schweißnahtaufbau

| Plattendicke mm | Schweißdraht Anzahl x Durchmesser (mm) |
|-------------------------|---|
| V-Naht | |
| 2 | 1 x 4 |
| 3 | 3 x 3 |
| 4 | 1 x 3 und 2 x 4 |
| 5 | 6 x 3 |
| DV-Naht (X-Naht) | |
| 4 | 2 (1 x 4) |
| 5 | 2 (3 x 3) |
| 6 | 2 (3 x 3) |
| 8 | 2 (1 x 3 und 2 x 4) |
| 10 | 2 (6 x 3) |

Verwendung der Runddüse

Dieses Verfahren erfordert mehr handwerkliches Geschick und Fingerspitzengefühl als das Arbeiten mit der Schnellschweißdüse. Der Draht sollte hierbei im rechten Winkel gehalten werden, um Querrissen (bei zu spitzem Winkel) und Stauchungen (bei zu stumpfem Winkel) vorzubeugen.



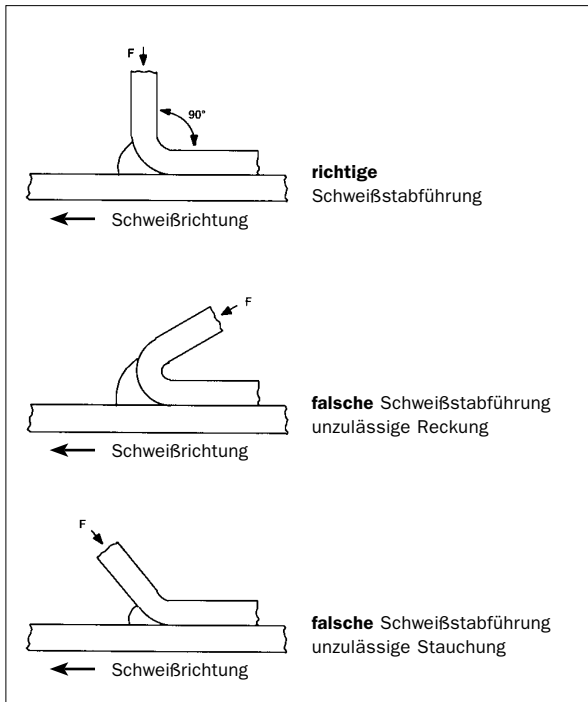
Warmgasfächelschweißen mit Rundschweißdraht

Verwendung der Schnellschweißdüse

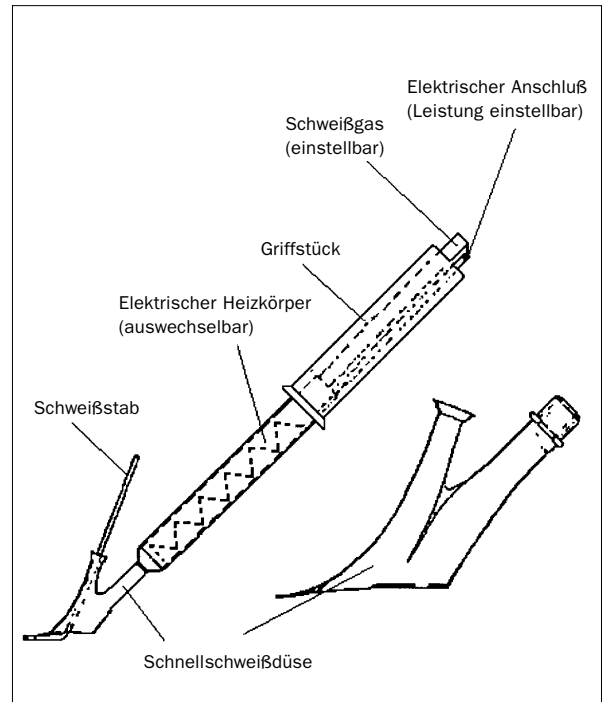
Das Schweißen mit der Schnellschweißdüse lässt – im Vergleich zum Schweißen mit der Runddüse – doppelt so hohe Schweißgeschwindigkeiten zu und bringt höhere Sicherheiten. Es werden spezielle Düsen verwendet, in die der Draht eingeführt und vorgewärmt wird. Der Luftaustritt am Düsenfuß zur Platte hin ist schmal und erwärmt nur eine bestimmte notwendige Plattenzone. Für die verschiedenen Drähte in Bezug auf Durchmesser und Profil gibt es entsprechende Düsen.

Verwendung der Heftdüse

Das Schweißen mit der Heftdüse dient dem Fixieren der zu verschweißenden Teile. Dabei wird mit Warmluft, aber ohne Zusatzdraht, ein Verschmelzen vorgenommen. Die Heftdüse ist bei V-Nähten zu verwenden, um eine einwandfreie Verbindung der Wurzelzonen zu gewährleisten und eine Kerbwirkung bei der Biegung auszuschließen. Empfehlenswert ist das Arbeiten mit der Heftdüse auch dann, wenn beispielsweise die äußere Gestalt eines zu fertigenden Teiles mit Anschlüssen usw. festzulegen ist.



Prinzip Warmgasfächelschweißen (WF): Schweißstabführung mit der Runddüse



Schnellschweißdüse

2.4 Schweißfehler

(siehe DVS 2202-1)

- Platte und Draht wurden nicht gleichmäßig erwärmt (Die erwärmten Zonen links und rechts des Schweißdrahtes sind nicht gleichmäßig erwärmt.).
- Temperatur und Luftmenge stimmen nicht.
- Platte und Draht sind nicht genügend gereinigt.
- Die Luft ist nicht wasser-, öl- und staubfrei.
- Die Wurzel der V-Naht ist nicht durchgeschweißt.
- Innerhalb der Schweißnahtzone werden Lufteinschlüsse gebildet.
- Der Schweißdraht ist vom Volumen her nicht ausreichend, um Kerben in der Schweißnahtzone auszuschließen.
- Fehlende Ausrichtung der Platten.
- Zu schnell geschweißt: Der Schweißdraht ist rund geblieben und nicht genügend verformt; dadurch entsteht keine oder eine unvollständige Verbindung.
- Durch zu hohe Schweißtemperaturen entsteht eine thermische Schädigung. Der vermeintliche Vorteil einer schnelleren Schweißung wird durch thermische Schädigung der Molekülketten erkauft, wobei im Extremfall die ursprünglichen Makromoleküle fast in die Monomeren aufgespalten werden. Dies gilt im besonderen für Polyethylen und Polypropylen.

2.5 Nachbearbeitung der Schweißnähte

In der Regel bleibt die Schweißnaht unbearbeitet. Sie kann jedoch auch durch Hobeln, Schleifen, Fräsen oder Raspeln abgearbeitet werden, wobei darauf zu achten ist, dass keine Kerben entstehen. Nach mehrmaligem Schleifen mit Schleifpapier immer feinerer Körnung können Schweißnähte auch poliert werden (z. B. bei PVC, PETG).

Die Tabelle mit den Richtwerten für das Warmgas-schweißen finden Sie auf Seite 40.

2.6 Verschweißbarkeit unterschiedlicher Werkstofftypen

Grundsätzlich können nur Kunststoffe der gleichen Art, also z. B. PP mit PP, und innerhalb dieser nur solche mit gleichem oder ähnlichem (benachbarten) Molekulargewicht und gleicher Dichte miteinander verschweißt werden, wobei die Farbgebung unberücksichtigt bleiben kann. Praktisch bedeutet dies, dass bestimmte Werkstoffe grundsätzlich nur innerhalb einer bzw. zweier benachbarter Schmelzindexgruppen mit ausreichender Sicherheit miteinander verschweißt werden können. Die Schmelzindexgruppen der Werkstoffe können den Formmassenbezeichnungen nach DIN EN ISO 1872 T1 (PE) und DIN EN ISO 1873 T1 (PP) entnommen werden. Die zur Verschweißung relevanten MFR-Werte sind den entsprechenden Formmassenbezeichnungen zu entnehmen.

Einzigste Ausnahme hierzu bildet die Möglichkeit einer ausreichenden Verbindung durch Schweißen von Hart-PVC mit Acrylglas (PMMA) oder mit SIMOLUX (PETG).

PE-HD (PE 63/PE 80/PE 100)

Rohrleitungsteile und Platten mit MFR 0,3–1,7 und MFR 0,2–0,7 sind für die Schweißung miteinander geeignet. Dies bedeutet, dass die Schmelzviskosität, d. h. das Schmelzverhalten, bei der Erwärmung sehr ähnlich ist. Diese Aussage ist in DVS 2207 Teil 1 enthalten und wurde auch vom DVGW (Deutscher Verband für Gas und Wasser) in einer Verlautbarung bestätigt.

PP-H 100 (Typ 1), PP-B 80 (Typ 2), PP-R 80 (Typ 3)

Schweißbarkeit ist innerhalb der Schmelzindexgruppe 006/012 (MFR 190/5: 0,4–1,0 g/10 min.) gegeben. Diese Aussage können Sie in der DVS 2207 Teil 11 nachlesen.

PVDF

Am Markt existieren zwei durch verschiedene Polymerisationsverfahren hergestellte PVDF-Typen, das Emulsions-PVDF und das Suspensions-PVDF. Ohne auf Details einzugehen, ist festzuhalten, dass Halbzeuge beider Verfahren untereinander mit hohem Verbindungswert verschweißt werden können.

Die DVS-Richtlinie 2207 Teil 15 behandelt sowohl das Heizelementstumpfschweißen als auch das Muffenschweißen von extrudierten Rohren, gespritzten Formteilen und Platten.

3 Heizelementschweißen

Das Anwärmen findet durch ein beschichtetes (PTFE) Heizelement statt. Die Wärmeübertragung ist wegen des direkten Kontaktes sehr viel intensiver als beim Warmgasschweißen; die Wärmeverteilung über dem Werkstoffquerschnitt ist günstiger, keine Werkstoffzone wird thermisch höher belastet als für das Schweißen erforderlich ist. Daher ergeben sich sehr spannungsarme Verbindungen. Die Schweißung bei der Heizelementschweißung findet dadurch statt, dass die erwärmten Berührungsflächen mit einem spezifischen Druck zusammengeführt werden und unter Druck abkühlen. Moderne Geräte sind mit einer Datenerfassung ausgestattet, die es erlaubt, Schweißparameter zu speichern und Schweißprotokolle auszudrucken.

Für die Schweißnahtgüte sind folgende Punkte ausschlaggebend (siehe auch Abbildung auf Seite 11):

a. Schweißnahtvorbereitung

Die Sauberkeit der zu verschweißenden Fügeile und des Heizelementes ist auch beim Heizelementschweißen erstes und wichtigstes Gebot. Teflonfolien oder -beschichtungen erleichtern das Reinigen der Heizflächen und verhindern beim Anwärmen das Anhaften der Kunststoffe am Heizelement. Dies ist besonders für das Verschweißen von PVC notwendig.

b. Heizelementtemperatur

In der Regel werden für Halbzeuge größerer Wanddicke niedrigere Temperaturen – innerhalb der Toleranzen (siehe Tabellen auf den Seiten 42 bis 51) – bei entsprechend längerer Einwirkzeit verwendet.

c. Angleichzeit

Die einwandfrei begradierten Schweißflächen werden gleichmäßig und unter den in den Tabellen (siehe Seiten 42 bis 51) angegebenen Drücken an das heiße Werkzeug gehalten, bis sich ein durchgehender Wulst aufgeschmolzenen Materials zeigt.

d. Anwärmzeit

Im nachfolgenden Teilstück der gesamten Taktzeit wird, um einen möglichst gleichmäßigen Wärmefluss im Material zu erzielen, der Anwärmdruck linear gegen Null verringert. Eine scharfe Temperaturgrenzzone zwischen plastischem und nichtplastischem Material wird vermieden. Spannungen werden abgebaut.

e. Umstellzeit

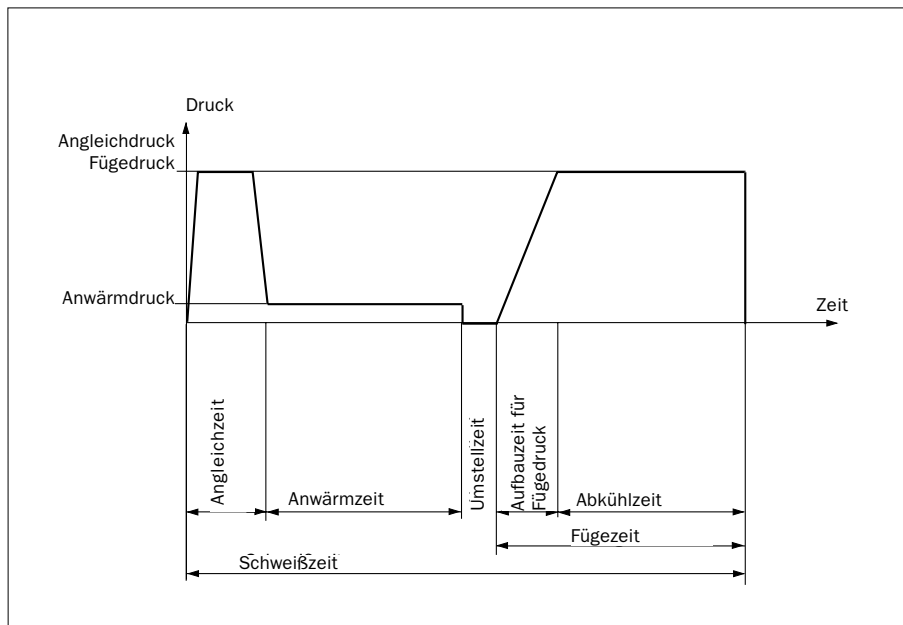
Für eine Schweißung mit hohem Schweißfaktor (siehe Kapitel Schweißfaktor, Seite 27) ist die schnelle Verbindung der zu verschweißenden Teile entscheidend. Dies gilt in besonderem Maße für PVC und Hochtemperatur-Werkstoffe.

f. Fügedruckaufbauzeit

In der Zeit bis zum vollen Druckaufbau wird verhältnismäßig langsam der Druck linear ansteigend erhöht. Schlagartiges Einsetzen des vollen Fügedruckes würde das heiße plastische Material aus der Schweißzone herausdrücken. Ein ungenügender Schweißfaktor wäre die Folge.

g. Fügedruck und Abkühlzeit

Fügedruck und Abkühlzeit richten sich nach der Materialart und Wanddicke. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur unter Fügedruck ist die volle Festigkeit der Schweißnaht erreicht. Das Teil kann der Maschine entnommen werden. **Nicht** mit Wasser oder Luft abkühlen (Spannungen).



Druck-/Zeit-Diagramm; Verfahrensschritte beim Heizelementstumpfschweißen

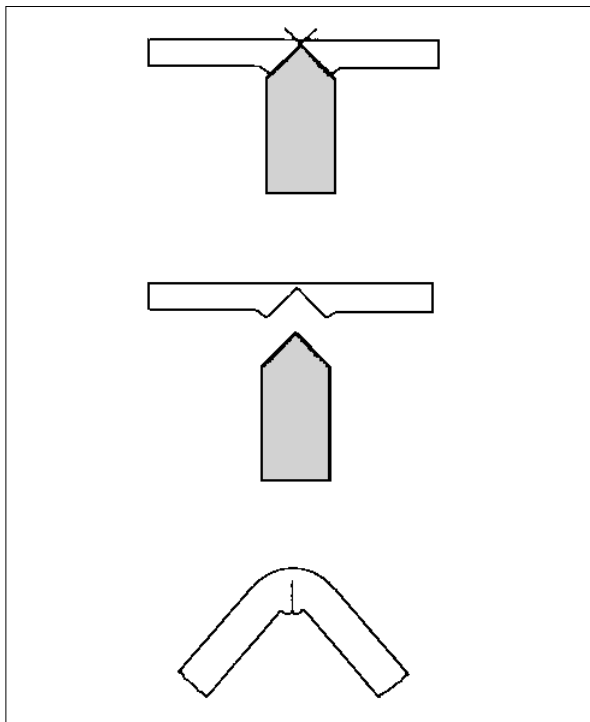
3.1 Abkantschweißen

(siehe auch DVS 2207-14)

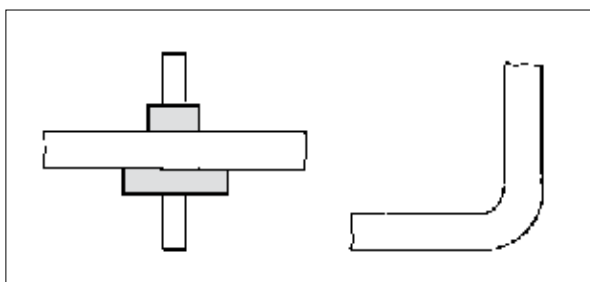
Dieses kombinierte Verfahren (siehe Abbildung Seite 12) ist eine Abwandlung des Heizelementstumpfschweißens. Die Schneide des Heizschwertes wird mit Druck in den Kunststoff eingeschmolzen. Bei größeren Tafeldicken kann vor dem Einschmelzen eine kleine Nut (ca. 0,5 x die Plattendicke) eingefräst oder eingesägt werden, um dadurch Anwärmzeit zu sparen und den Kunststoff nicht übermäßig lange der Wärme auszusetzen. Ist die notwendige Tiefe eingeschmolzen – 2/3 bis 3/4 der Tafeldicke – so ist auch von der Unterheizung des Heizschwertes soviel Wärme in den Nahrücken eingedrungen, dass dieser beim anschließenden Abkanten eine echte Warmverformung erhält. In der Regel sind die Heizschwerter um 80–86° angefast, so dass eine einwandfreie Kantung für 90° gewährleistet ist. Zum Abkanten stumpfer Winkel müssen Schwerter verwendet werden, die mit einer schärferen Schneide ausgerüstet sind.

An langen abgekanteten Profilen ist nach dem Abkühlen oft eine deutliche Wölbung zu erkennen. Außerhalb des Längsverzuges sind die Abkühlschrumpfspannungen in der Schweißzone, die durch die von der Herstellung herrührenden Eigenspannungen im Halbzeug noch verstärkt werden, besonders zu beachten. Schmale Seitenschenkel führen zu großem Verzug, breite und dadurch steifere Schenkel zu kleinerem Verzug. Es ist ferner zweckmäßig, bei größeren Plattendicken ab ca. 6 mm die Rückseite mit einem zweiten Heizschwert (Heizschwert-Breite mindestens 2 x Plattendicke) oder mit Heißluft zu erwärmen, um unerwünschten Spannungen vorzubeugen. Abkantungen quer zur Extrusionsrichtung zeigen deutlich weniger Verzug bzw. Durchbiegung.

Weiterhin empfehlen wir, ab einer Plattendicke von 10 mm vor dem Schweißvorgang aus der Platte spanend eine V-Nut in ca. 50 Prozent der Dicke auszufräsen oder -sägen. Diese Nut sollte vorgesehen werden, um einen zu hohen Austrieb aus der Schweißzone zu vermeiden. Außerdem wird die Schweißzeit durch die geringere Anwärmzeit verkürzt.



Abkantschweißen



Biegen

Richtwerte für das Hezelement-Schwenkbiegeschweißen auf der Wegener Biege-Abkantmaschine z. B. BV 300

| | Eingestellte Temperatur °C | | Zeit s |
|--|-------------------------------|-------|---------------|
| | oben | unten | je 1 mm Dicke |

Abkanten

| | | | |
|------|-----|-----|------|
| PE | 220 | 140 | ~ 30 |
| PP | 230 | 150 | ~ 45 |
| PVDF | 240 | 160 | ~ 45 |

Biegen

| | | | |
|-----|-----|-----|------|
| PVC | 220 | 170 | ~ 30 |
|-----|-----|-----|------|

Schweißverfahren:

Für die unlösbare Verbindung von SIMONA® Rohren und Formteilen empfehlen wir die in der Praxis bewährten Verfahren

- Heizelementstumpfschweißung (siehe Seite 13)
- Heizelementmuffenschweißung (siehe Seite 17)
- Heizwendelschweißen (siehe Seite 18)

Siehe auch DVS Richtlinien

- 2207-1 für PE
- 2207-11 für PP und
- 2207-15 für PVDF

3.2 Heizelementstumpfschweißen für Rohre und Formteile

(siehe auch DVS 2207-1, -11 und -15 und Abbildung S. 14)

Grundbedingungen für das Heizelementstumpfschweißen, Heizelementmuffenschweißen und Heizwendelschweißen:

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z. B. Feuchtigkeitseinwirkung, Wind, starker Sonneneinstrahlung und Temperaturen unter +5 °C) zu schützen. Bei Sonneneinstrahlung sind ungleichmäßig erwärmte Rohre durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle auszugleichen.

Wenn durch geeignete Maßnahmen

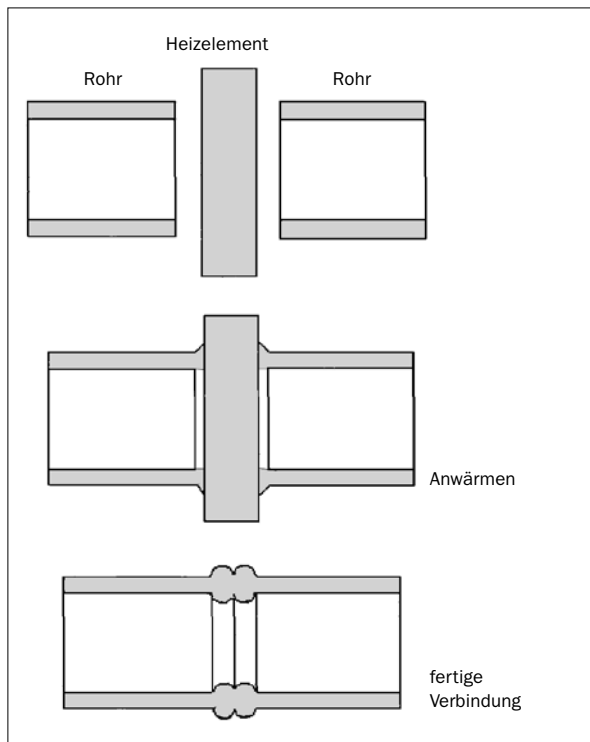
- Vorwärmen
- Einzelten
- Beheizen

sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende und gleichmäßige Rohrwandtemperatur eingehalten werden kann, darf bei beliebiger Außen-

temperatur gearbeitet werden. Die Taupunktkurve ist zu beachten. Die zu verbindenden Teile müssen ein gleiches Temperaturniveau aufweisen. Es sind gegebenenfalls Probeschweißungen anzufertigen und zu prüfen.

Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile müssen frei von Verunreinigungen sein. Die Reinigung muss unmittelbar vor dem Schweißen erfolgen. Gleiches gilt für das Heizelement, das z. B. mit PE-Reiniger und nicht faserndem Papier zu säubern ist. Um ein Anhaften des Rohres am Heizelement zu verhindern bzw. das Ablösen des Rohres zu erleichtern, sollten die Heizelemente teflonisiert sein. Um eine Abkühlung durch starken Wind im Rohr während des Schweißvorgangs zu vermeiden, sind die der Schweißstelle entgegengesetzten Rohrenden zu verschließen.

Vor dem Heizelementstumpfschweißen werden die Stirnseiten der Rohre spanend bearbeitet und mittels Heizelement auf Schweißtemperatur gebracht. Die so plastifizierten Schweißflächen werden – nach Entfernen des Heizelements – unter Druck zusammengefügt.



Prinzip des Heizelementstumpfschweißens

Schweißnahtvorbereitung

Die Rohrleitungsteile sind vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial auszurichten. Die Längsbeweglichkeit des anzuschweißenden Teiles ist durch geeignete Maßnahmen, z. B. verstellbare Rollenböcke, sicherzustellen.

Die zu verbindenden Flächen sind im eingespannten Zustand mit einem Planhobel spanabhebend zu bearbeiten. Die Spandicke ist $\leq 0,2$ mm zu wählen. Eventuell in das Rohr gefallene Späne sind mit Hilfe eines sauberen Werkzeuges zu entfernen. Keinesfalls sollten die bearbeiteten Schweißflächen mit den Händen berührt werden.

Nach dem Bearbeiten ist die Planparallelität zu kontrollieren. Der verbleibende Spalt darf den Wert aus der Tabelle auf Seite 15 nicht überschreiten. Gleichzeitig ist zu prüfen, dass der Versatz der Rohrenden kleiner als 10 Prozent der Rohrwanddicke ist.

Maximale Spaltbreite zwischen den bearbeiteten Schweißenden

| Rohraußendurchmesser d mm | Spaltbreite a mm |
|------------------------------|---------------------|
| ≤ 355 | 0,5 |
| 400 – < 630 | 1,0 |
| 630 – < 800 | 1,3 |
| 800 – ≤ 1000 | 1,5 |
| > 1000 | 2,0 |

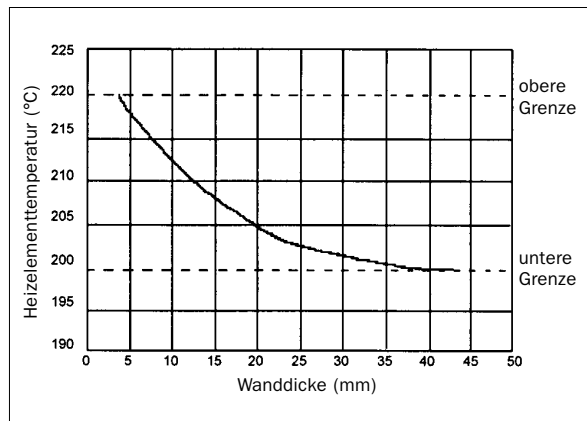
Schweißvorgang

Das auf Schweißtemperatur erwärmte Heizelement (Werte für PE 63/PE 80 siehe Abbildung rechts; für PE100 empfehlen Rohrschweißmaschinenhersteller unabhängig von der Wanddicke 220 °C) wird zwischen die zu schweißenden Teile gebracht und die Verbindungsflächen mit dem richtigen Anleichen am Heizelement beidseitig angepresst. Für PVDF gilt eine Temperatur von $240 \pm 8^\circ\text{C}$, für PP von $210 \pm 10^\circ\text{C}$.

Die Temperaturkontrolle erfolgt mit einem schnell-anzeigenden Oberflächen-Temperatur-Meßgerät, ggf. unter Verwendung von Wärmeleitpaste oder mit IR-Temperaturmeßgeräten.

Die zum Angleichen bzw. Fügen erforderliche Kraft kann aus der Schweißfläche und dem spezifischen Druck errechnet werden. Üblicherweise nennen die Schweißmaschinenhersteller die Werte in Tabellenform, da die meisten Geräte nicht mit Kraftmessung, sondern über eine Pneumatik oder Hydraulik arbeiten. Zu diesem angegebenen Druck ist der Werkstückbewegungsdruck hinzuzuzählen. Letzterer wird beeinflusst durch die Reibung der Maschinenteile und die Gewichte der zu schweißenden Teile.

Das Angleichen ist erst abgeschlossen, wenn sich am gesamten Umfang beider zu schweißenden Teile ein Wulst gemäß den in den Tabellen auf den Seiten 42



Schweißtemperatur PE-HD (PE 63/PE 80)
(siehe auch DVS 2207-1)

bis 51 angegebenen Werte gebildet hat. Während der jetzt beginnenden Anwärmzeit wird der Anpressdruck nahe Null reduziert.

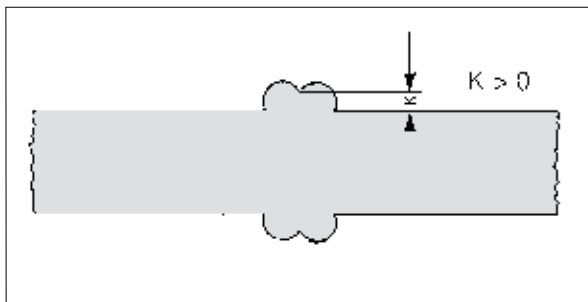
Nach dem Anwärmen sind die Fügeflächen ohne Beschädigung und Verschmutzung vom Heizelement zu lösen. Die Zeit für das Lösen der Fügeflächen, das Herausnehmen des Heizelements und die Berührung der Fügeflächen miteinander wird als Umstellzeit bezeichnet und soll so klein wie möglich gehalten werden.

Die zu schweißenden Flächen sollen bei Berührung mit einer Geschwindigkeit nahe Null zusammentreffen. Dann ist der Druck langsam zu steigern (Zeiten siehe Tabellen auf den Seiten 42 bis 51) und bis zur vollständigen Abkühlung aufrecht zu erhalten. Die in den Tabellen angegebenen Werte für den Fügedruck können wegen der unterschiedlichen Berücksichtigung des Bewegungsdruckes der Maschine für Platten bzw. Rohre differieren.

Das Abkühlen des Schweißnahtbereichs bzw. die Anwendung von Kühlmitteln ist unzulässig.

Bei größeren Rohrwanddicken – etwa ab 20 mm – kann durch Abdecken des Schweißbereichs während der Abkühlzeit eine gleichmäßigere Abkühlung erreicht und damit die Schweißnahtgüte günstig beeinflusst werden. Nach dem Fügen muss auf dem gesamten Umfang ein gleichmäßiger, auf beiden Seiten durchgehender Doppelwulst (siehe Abbildung unten) vorhanden sein.

Sollte das Abarbeiten des Schweißwulstes gefordert sein, so ist dieses bevorzugt vor der vollständigen Abkühlung – nach ca. 2/3 der Abkühlzeit – vorzunehmen. Bei der spanabhebenden Nachbearbeitung des kalten Wulstes besteht die Gefahr, dass Kerben eingebracht werden. Bei harten Werkstoffen wie z. B. PVDF oder PP-H kann es zu Materialausbrüchen kommen.



Wulstausbildung beim Heizelementstumpfschweißen

3.3 Hezelementmuffenschweißen

(siehe auch DVS 2207-1, -11 und -15)

Grundbedingungen

Rohr- und Rohrleitungsteil werden überlappend geschweißt. Mit Hilfe eines muffen- bzw. stutzenförmigen Hezelementes werden beide Flächen auf Schweißtemperatur erwärmt und anschließend verbunden. Rohrende, Hezelement und Muffe sind maßlich so aufeinander abgestimmt, dass sich beim Fügen ein Fügedruck aufbaut.

Bei den Rohrdurchmessern

- ≥ 63 mm PE-HD und PP
- ≥ 50 mm PVDF

ist eine geeignete Schweißvorrichtung zu verwenden.

Schweißnahtvorbereitung

Die Verbindungsfläche des Rohres ist mit einem Schälwerkzeug spangebend zu bearbeiten. Hierbei sind die zu verwendenden Hezelemente nach DVS-Richtlinie 2208-1 (Tabellen 7 und 8) zu berücksichtigen. Der Fitting ist innen mit einem Reinigungsmittel (z.B. Tangit-Reiniger, Fa. Henkel) und saugfähigem, nicht faserndem Papier gründlich zu säubern.

Das Rohrende ist außen ca. 15° anzuschrägen auf

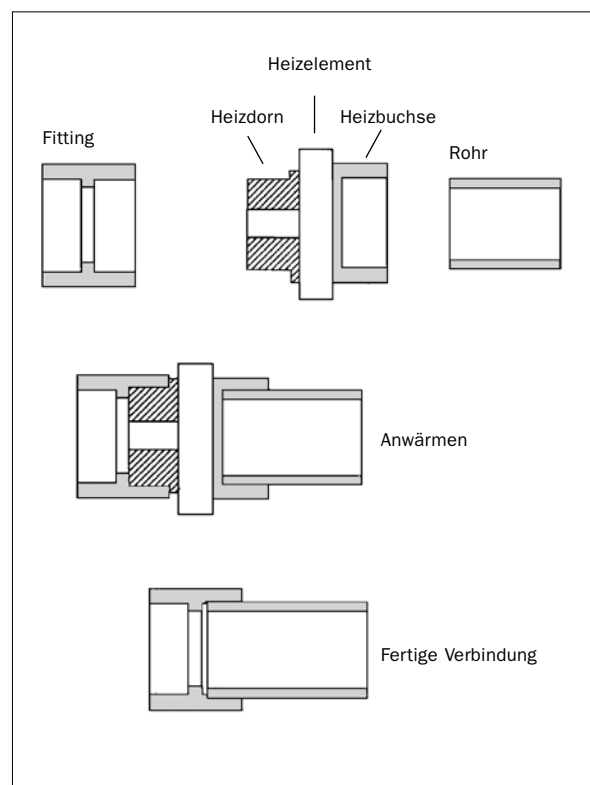
- 2 mm Breite bei Durchmessern bis 50 mm
- 3 mm Breite bei größeren Durchmessern.

Bei allen Schweißungen ist danach eine Markierung für die Einstecktiefe auf den Rohrenden anzubringen.

Schweißvorgang

Die Schweißwerkzeuge werden auf $260 \pm 10^\circ\text{C}$ beheizt. Die Temperaturkontrolle erfolgt mit einem schnellanzeigenden Oberflächen-Temperatur- bzw. IR-Meßgerät. Zum Anwärmen wird zunächst der Fitting bis zum Anschlag und dann das Rohr bis zur Markierung auf- bzw. eingeschoben. Die zu schweißenden Teile sind gemäß Zeitangaben der Tabellen (siehe Seiten 52 und 53) zu erwärmen.

Nach Ablauf der Anwärmzeit sind Fitting und Rohr vom Hezelement ruckartig abzuziehen und ohne Verdrehen und Verkanten bis zur Markierung bzw. zum Anschlag zusammenzuschieben. Die gefügten Teile müssen entsprechend der Tabellen auf Seite 52 und 53 fixiert und abgekühlt werden.



Prinzip des Hezelementmuffenschweißens

4 Heizwendelschweißen

(siehe auch DVS 2207-1 und -11)

4.1 Grundbedingungen

Die Verbindungsflächen, d.h. Rohroberfläche und Muffeninnenseite, werden mit Hilfe in der Muffe eingebetteter Widerstandsdrähte (Heizwendel) durch elektrischen Strom auf Schweißtemperatur erwärmt und geschweißt. Dieses Verfahren ist derzeit bei PE-HD und PP anwendbar.

4.2 Schweißnahtvorbereitung

Für ein einwandfreies Schweißen im Heizwendelschweißverfahren sind saubere Oberflächen von entscheidender Bedeutung. Die Oberfläche der Rohre muß im Bereich der Schweißzone mit einer Zieh Klinge oder einem Rotationschaber bearbeitet werden. Die Innenkante ist zu entgraten und die Außenkante gemäß Abbildung rechts unten abzurunden.

Der Fitting ist innen mit einem Spezialreiniger (z. B. Tangit-Reiniger, Fa. Henkel) und saugfähigem, nicht fasernden Papier gründlich zu säubern.

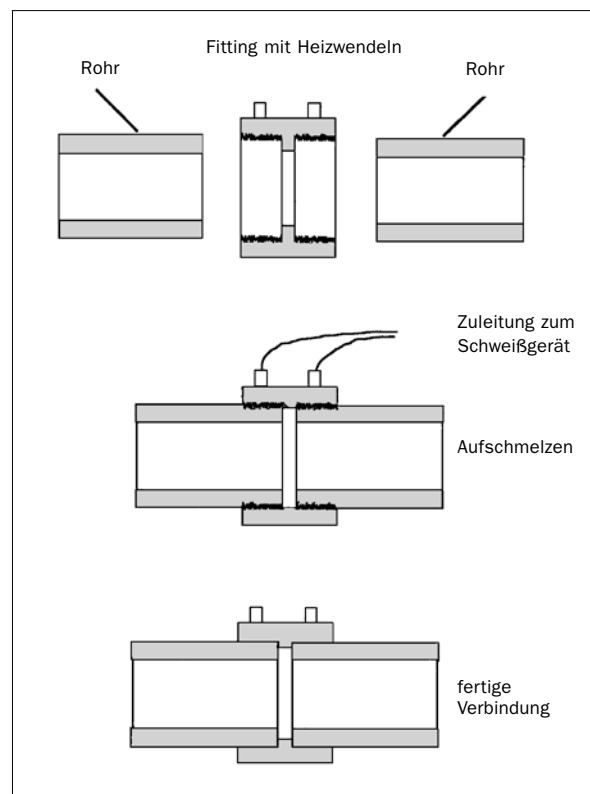
Die Unrundheit des Rohres darf im Schweißbereich 1,5 Prozent des Außendurchmessers – max. 3 mm – nicht überschreiten. Sonst sind entsprechende Runddrückklemmen zu verwenden.

Beim Aufschieben des Fittings ist darauf zu achten, dass die Teile weder verkantet noch gewaltsam eingeführt werden, da sonst die Heizwendel verschoben oder beschädigt werden könnte.

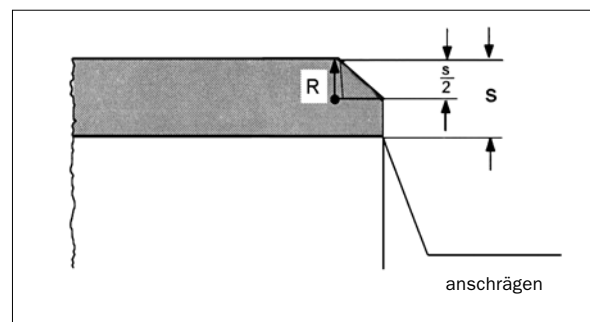
4.3 Schweißvorgang

Es darf nur ein auf den verwendeten Fitting abgestimmtes Schweißgerät verwendet werden. Die Werte

werden vor dem Schweißen entsprechend Durchmesser und Nenndruck des Rohres am Schweißgerät eingestellt bzw. mit einem Lesestift eingelesen. Mittels Schweißkabel werden Gerät und Fitting verbunden. Der Schweißvorgang selbst läuft automatisch ab; bei modernen Geräten werden Schweißprotokolle erstellt. Die Rohrverbindung kann erst nach dem Abkühlen bewegt werden.



Prinzip des Heizwendelschweißens



Vorbereitung der Rohrenden

5 Reibschweißen

5.1 Verfahren

Beim Reibschweißen wird ohne Zufuhr von Wärmeenergie und vorzugsweise ohne Zusatzwerkstoff die zum Schweißen notwendige Plastifizierung durch Gegeneinanderreiben der zu schweißenden Teile an der Verbindungsfläche im Werkstoffwulst erzeugt und unter Druck geschweißt.

Dabei wird meist ein Werkstück drehend gegen ein feststehendes bewegt, wobei die rotationssymmetrischen Verbindungsflächen entweder Stirnflächen oder Umfangsflächen sein können.

5.2 Schweißvorbereitung

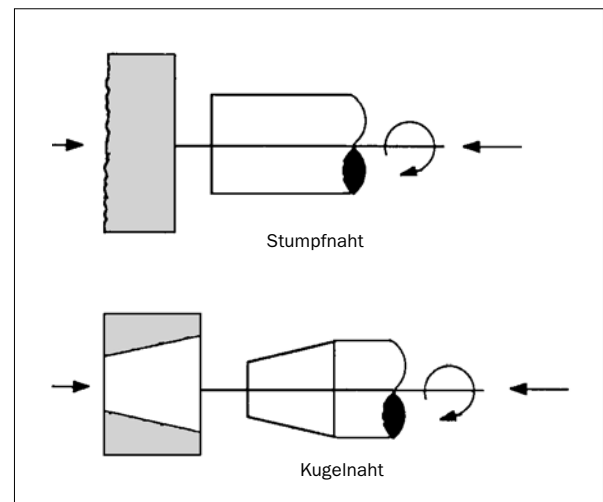
Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile müssen frei von Verunreinigungen sein. Reinigungsmittel, die auf den Kunststoff lösend oder quellend wirken, dürfen nicht verwendet werden.

Für das Gelingen der Schweißung ist die geometrische Ausbildung der Verbindungsflächen von Bedeutung. Beim Stumpfstoß von Teilen bis etwa 30–40 mm Durchmesser müssen die Verbindungsflächen plangedreht werden, während bei Teilen mit einem Durchmesser über 40 mm eine oder beide Verbindungsflächen durch spanende Bearbeitung leicht ballig zu gestalten sind.

Dünnwandige Teile (Rohre) sind im Bereich der Verbindungsflächen in geeigneter Weise zu stützen.

5.3 Schweißvorgang

Die zu schweißenden Werkstücke werden in eine Vorrichtung eingespannt (siehe Abbildung Seite 20); dann wird das eine Werkstück drehend gegen das andere meist feststehende bewegt. Nach Erreichen der Schweißtemperatur – der richtige Zeitpunkt ist daran erkennbar, dass überall am Umfang plastifiziertes Material austritt – wird die Verriegelung des feststehenden Werkstückes gelöst und damit die Drehbewegung beider Werkstücke gegeneinander so schnell wie möglich beendet. Der Fügedruck wird bis zur ausreichenden Abkühlung aufrechterhalten.



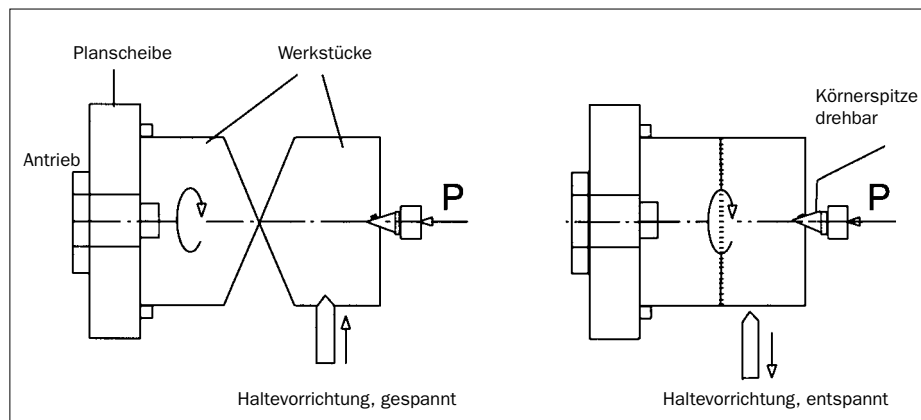
Schweißen der Naht

Die wesentlichen Einflussgrößen beim Reibschweißen sind:

- Anwärmdruck: Druck, mit dem die Verbindungsflächen während der Drehbewegung gegeneinander gedrückt werden
- Anwärmzeit: Zeit, während der Anwärmdruck wirksam ist
- Fügedruck: Druck zum Fügen der zu schweißenden Teile
- Fügezeit: Zeit, während der Fügedruck wirkt

Abhängig vom Durchmesser der Schweißfläche arbeitet man in der Praxis mit Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 1–4 m/s. Die Werkstoff-, Werkstück- und untereinander abhängigen Schweißbedingungen (z. B. Reibgeschwindigkeit, Anwärm- und Fügedruck) muß der Schweißer in Vorversuchen für den jeweiligen Anwendungsfall ermitteln.

Der Anwärmdruck (Reibdruck) und Fügedruck (Schweißdruck) beträgt für Polyolefine und PVC-U ca. 0,5–1,5 N/mm². Dabei gilt es, den Reibdruck so niedrig zu halten, damit der plastisch werdende Kunststoff nicht aus dem Verbindungsstoß herausgeschleudert werden kann.



Prinzip des Reibschweißens

links: vorbereitet zum Schweißen; rechts: fertig geschweißt

6 Extrusionsschweißen

(siehe auch DVS 2207-4)

Das Extrusionsschweißen wird u.a. zum Verbinden dickwandiger Teile verwendet. Es wird mit einem artgleichen Schweißzusatz geschweißt. Für PVC-U kann dieses Verfahren nur bedingt eingesetzt werden (Rücksprache mit dem Extruderhersteller). Für PVDF sind, ggf. nach Rücksprache mit dem Extruderhersteller, Spezialschnecken zu verwenden.

6.1 Vorbereitung

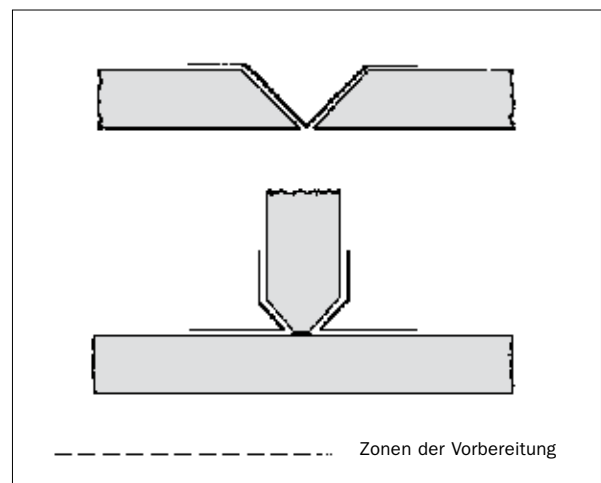
Unmittelbar vor dem Verschweißen müssen sowohl Verbindungsflächen und angrenzende Bereiche als auch geschädigte Oberflächen (besonders bei Witterungs- und Chemikalieneinflüssen) bis auf ungeschädigte Zonen mechanisch abgearbeitet werden. Reinigungsmittel (z.B. Aceton), die die Kunststoffoberfläche angreifen oder verändern, dürfen nicht verwendet werden.

Beispiel:

Material PP, Plattenstärke 10 mm, V-Stoß 60° – 80°, geeignete Extruder, Draht PP Ø 4 mm

Einstellungen:

60° Öffnungswinkel, Luftspalt 1 mm (siehe Vorbereitung der Schweißzone), $T_M = 225 - 230 \text{ °C}$, $T_L = 275 - 295 \text{ °C}$, Abstand der Vorwärmdüse zum Grundmaterial 10 – 15 mm, Ausstoßleistung des Extruders ca. 1,5 kg/h ergibt $\approx 150 - 175 \text{ mm/min}$ Schweißgeschwindigkeit. Schweißgeschwindigkeit: < 20 cm/min bei PE/PP bei 10 mm Wandstärke



Reinigung der Schweißzonen

6.2 Temperatur

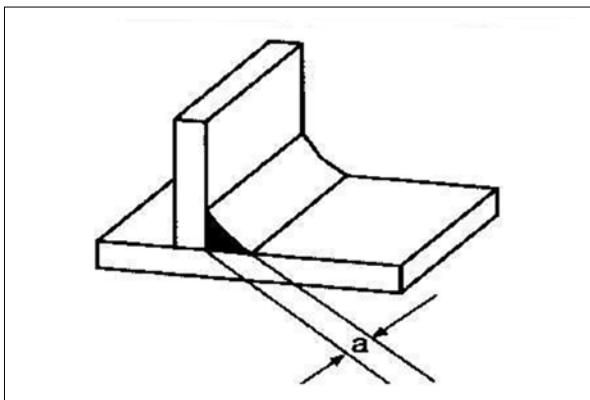
| Temperatur | Temperatur des Extrudats gemessen am Düsenaustritt °C | Lufttemperatur gemessen in der Warmluftdüse °C | Luftmenge (angesaugtes Kaltluftvolumen) l/min |
|------------|---|--|---|
| PE-HD | 210 – 230 | 250 – 300 | ≥ 300 |
| PE FOAM | 210 – 230 | 250 – 300 | ≥ 300 |
| PP-H, B, R | 210 – 240 | 250 – 300 | ≥ 300 |
| PP FOAM | 210 – 240 | 250 – 300 | ≥ 300 |
| PVC-U | 170 – 180 | 300 – 360 | ≥ 300 |
| PVC-C | 195 – 205 | 300 – 360 | ≥ 300 |
| PVDF | 240 – 260 | 280 – 350 | ≥ 300 |

6.3 Feuchtigkeitseinfluss

Kunststoffe, auch Schweißzusätze aus Polyolefinen, können unter bestimmten Bedingungen Feuchtigkeit an der Oberfläche aufnehmen. Untersuchungen bei einem namhaften Rohstoffhersteller und bei SIMONA ergaben übereinstimmend folgende Beurteilung: Der Schweißzusatz nimmt in Abhängigkeit von Material- und Umgebungsbedingungen Feuchtigkeit an der Oberfläche auf. Beim Extrusionsschweißen kann sich diese angelagerte Feuchte in Form von Lunkern in der Schweißnaht, bzw. in einer rauhen Oberfläche der Naht zeigen. Dieses Phänomen tritt verstärkt bei zunehmender Schweißnahtdicke (a-Maß) auf.

Um bei der Schweißung die Problematik „Feuchte“ auszuschalten, empfehlen wir, folgende Punkte zu beachten:

- Wasser-/Ölabscheider in das Luftsystem einbauen
- Temperaturunterschiede der Schweißpartner vermeiden (Kondenswasser)
- Schweißzusatz so trocken wie möglich lagern (z. B. Heizungsräume)
- Schweißzusatz ggf. vortrocknen (Abluftofen: PE 80°C/PP 100°C/PVC 60°C, mind. 12 h)
- hohe a-Maße (≥ 18 mm) in mehreren Arbeitsgängen schweißen



Kehlnaht, a-Maß

Relative Luftfeuchtigkeit

Formel:

$$\text{rel. Luftfeuchtigkeit [\%]} = \frac{\text{vorh. Feuchtigkeitsmenge} \times 100}{\text{max. Feuchtigkeitsmenge}}$$

Bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft verändert sich die relative Luftfeuchtigkeit:

- sinkt die relative Luftfeuchtigkeit beim Erwärmen und
- steigt die relative Luftfeuchtigkeit beim Abkühlen

Kühlt die Luft soweit ab, dass die relative Luftfeuchtigkeit den Wert 100% erreicht, so muss sich bei noch weiterer Abkühlung Wasserdampf aus der Luft als Nebel abscheiden. Die Temperatur, bei der dies geschieht, wird als Taupunkttemperatur bezeichnet. Tauwasser tritt also immer dann auf, wenn die Luft bis unter die Taupunkttemperatur abgekühlt wird.

Mit der auf der nächsten Seite folgenden Tabelle können Sie die Taupunkttemperatur ermitteln. Bei einer vorgegebenen Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60% ergibt sich zum Beispiel eine Taupunkttemperatur von 12°C.

Taupunkttemperatur der Luft in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte der Luft

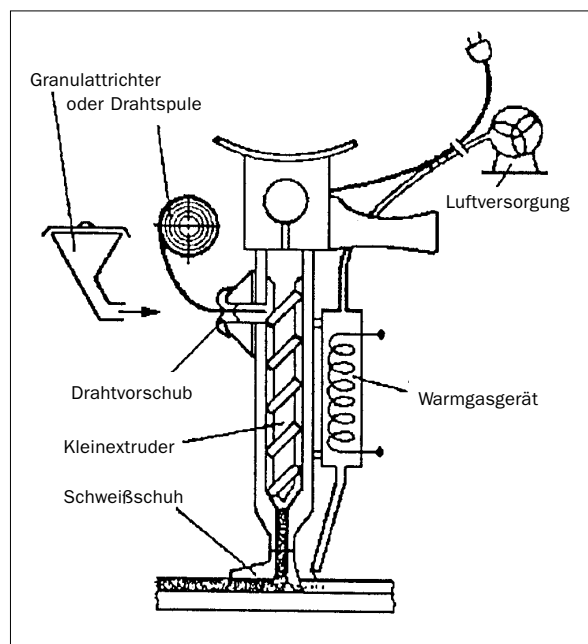
| Lufttemperatur °C | Taupunkttemperatur ¹⁾ in °C bei einer relativen Luftfeuchte von | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 30 % | 35 % | 40 % | 45 % | 50 % | 55 % | 60 % | 65 % | 70 % | 75 % | 80 % | 85 % | 90 % | 95 % |
| 30 | 10,5 | 12,9 | 14,9 | 16,8 | 18,4 | 20,0 | 21,4 | 22,7 | 23,9 | 25,1 | 26,2 | 27,2 | 28,2 | 29,1 |
| 29 | 9,7 | 12,0 | 14,0 | 15,9 | 17,5 | 19,0 | 20,4 | 21,7 | 23,0 | 24,1 | 25,2 | 26,2 | 27,2 | 28,1 |
| 28 | 8,8 | 11,1 | 13,1 | 15,0 | 16,6 | 18,1 | 19,5 | 20,8 | 22,0 | 23,2 | 24,2 | 25,2 | 26,2 | 27,1 |
| 27 | 8,0 | 10,2 | 12,2 | 14,1 | 15,7 | 17,2 | 18,6 | 19,9 | 21,1 | 22,2 | 23,3 | 24,3 | 25,2 | 26,1 |
| 26 | 7,1 | 9,4 | 11,4 | 13,2 | 14,8 | 16,3 | 17,6 | 18,9 | 20,1 | 21,2 | 22,3 | 23,3 | 24,2 | 25,1 |
| 25 | 6,2 | 8,5 | 10,5 | 12,2 | 13,9 | 15,3 | 16,7 | 18,0 | 19,1 | 20,3 | 21,3 | 22,3 | 23,3 | 24,1 |
| 24 | 5,4 | 7,6 | 9,6 | 11,3 | 12,9 | 14,4 | 15,8 | 17,0 | 18,2 | 19,3 | 20,3 | 21,3 | 22,3 | 23,1 |
| 23 | 4,5 | 6,7 | 8,7 | 10,4 | 12,0 | 13,5 | 14,8 | 16,1 | 17,2 | 18,3 | 19,4 | 20,3 | 21,3 | 22,2 |
| 22 | 3,6 | 5,9 | 7,8 | 9,5 | 11,1 | 12,5 | 13,9 | 15,1 | 16,3 | 17,4 | 18,4 | 19,4 | 20,3 | 21,2 |
| 21 | 2,8 | 5,0 | 6,9 | 8,6 | 10,2 | 11,6 | 12,9 | 14,2 | 15,3 | 16,4 | 17,4 | 18,4 | 19,3 | 20,2 |
| 20 | 1,9 | 4,1 | 6,0 | 7,7 | 9,3 | 10,7 | 12,0 | 13,2 | 14,4 | 15,4 | 16,4 | 17,4 | 18,3 | 19,2 |
| 19 | 1,0 | 3,2 | 5,1 | 6,8 | 8,3 | 9,8 | 11,1 | 12,3 | 13,4 | 14,5 | 15,5 | 16,4 | 17,3 | 18,2 |
| 18 | 0,2 | 2,3 | 4,2 | 5,9 | 7,4 | 8,8 | 10,1 | 11,3 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,4 | 16,3 | 17,2 |
| 17 | -0,6 | 1,4 | 3,3 | 5,0 | 6,5 | 7,9 | 9,2 | 10,4 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 14,5 | 15,3 | 16,2 |
| 16 | -1,4 | 0,5 | 2,4 | 4,1 | 5,6 | 7,0 | 8,2 | 9,4 | 10,5 | 11,6 | 12,6 | 13,5 | 14,4 | 15,2 |
| 15 | -2,2 | -0,3 | 1,5 | 3,2 | 4,7 | 6,1 | 7,3 | 8,5 | 9,6 | 10,6 | 11,6 | 12,5 | 13,4 | 14,2 |
| 14 | -2,9 | -1,0 | 0,6 | 2,3 | 3,7 | 5,1 | 6,4 | 7,5 | 8,6 | 9,6 | 10,6 | 11,5 | 12,4 | 13,2 |
| 13 | -3,7 | -1,9 | -0,1 | 1,3 | 2,8 | 4,2 | 5,5 | 6,6 | 7,7 | 8,7 | 9,6 | 10,5 | 11,4 | 12,2 |
| 12 | -4,5 | -2,6 | -1,0 | 0,4 | 1,9 | 3,2 | 4,5 | 5,7 | 6,7 | 7,7 | 8,7 | 9,6 | 10,4 | 11,2 |
| 11 | -5,2 | -3,4 | -1,8 | -0,4 | 1,0 | 2,3 | 3,5 | 4,7 | 5,8 | 6,7 | 7,7 | 8,6 | 9,4 | 10,2 |
| 10 | -6,0 | -4,2 | -2,6 | -1,2 | 0,1 | 1,4 | 2,6 | 3,7 | 4,8 | 5,8 | 6,7 | 7,6 | 8,4 | 9,2 |

¹⁾ Näherungsweise darf gradlinig interpoliert werden.

6.4 Gerät

Beim tragbaren Extrusionsschweißgerät handelt es sich um ein Schweißgerät, bestehend aus einem Kleinextruder als Plastifiziereinheit, der zum Beispiel durch einen Elektromotor angetrieben wird.

Zum Vorwärmen der Schweißfuge wird ein Gebläse bzw. ein handelsübliches Warmluftgerät mit einem Anschluss zur Luftversorgung fest eingebaut.



Extruder

Das Warmgas-Extrusionsschweißen ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Es wird mit einem art- und formmassegleichen Schweißzusatz geschweißt.
- Der Schweißzusatz ist homogen und vollständig plastifiziert.
- Die Fügeflächen werden mit Warmluft auf Schweißtemperatur erwärmt.
- Die Plastifiziertiefe beträgt 0,5–1,0 mm.
- Die extrudierte Masse wird mit einem Schweißschuh in Form gebracht und angedrückt.
- Im Vergleich zum Warmgasschweißen werden bei hoher Nahtgüte und niedrigen Eigenspannungen kürzere Arbeitszeiten und höhere Festigkeitswerte erreicht.

Gestaltung der Schweißschuhe

Der extrudierte Schweißzusatz wird mit einem Schweißschuh, z. B. aus PTFE, in Form gebracht und angedrückt. Folgende Faktoren sind von der Form dieses Schweißschuhes abhängig:

- Füllvolumen
- Füllgeschwindigkeit
- Materialfluss
- Nahtverschluss/-form
- gleichmäßiger Druck

Die Schweißschuhe müssen der jeweiligen Nahtform angepasst werden. Grundsätzlich gilt: Je breiter die Schweißnaht, desto länger soll der Schuh sein (siehe auch DVS 2207-4).

Als Werkstoff für den Schweißschuh kommen nur Kunststoffe mit hoher Wärmebeständigkeit in Frage, bewährt hat sich PTFE. Neben der geforderten hohen Wärmebeständigkeit besitzt dieser Kunststoff gute Gleiteigenschaften und ist antiadhäsiv.

6.5 Nachbearbeitung der Schweißnaht

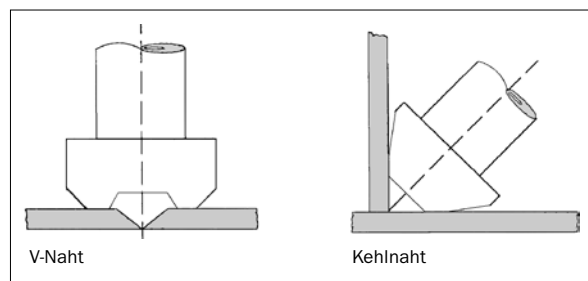
Grundsätzlich sollen Schweißnähte so hergestellt werden, dass kein nachträgliches Bearbeiten notwendig wird. Extrusionsschweißnähte sollen eine gleichmäßige glatte Oberfläche und fehlerfrei verschweißte Randzonen aufweisen.

Zur Vermeidung von Kerben in der Nahtwurzel kann eine Wurzel-Gegenlage bzw. eine Nahtsicherung warmgasgeschweißt werden.

Das am Rand des Schweißschuhes gelegentlich austretende Extrudat soll – besonders bei hochbelasteten Verbindungen – mit entsprechend geformter Ziehklinge kerbfrei abgearbeitet werden.

6.6 Vermeidung von Hohlraumbildung im Schweißgut

Hohlräume bilden sich erst nach dem eigentlichen Schweißvorgang. Sie können durch Veränderung der Abkühlgeschwindigkeit, der Schweißschuhgeometrie und in geringem Maße durch Variation der Schweißparameter reduziert werden.



Ausbildung eines Schweißschuhs

Hohlräume treten besonders bei hohen Wanddicken auf. Sie entstehen dadurch, dass nach Erstarren der Nahtoberfläche eine tragfähige Außenhaut gebildet wird, die einer Volumenkontraktion entgegen wirkt. Hohlräume sind zwangsläufig die Folge.

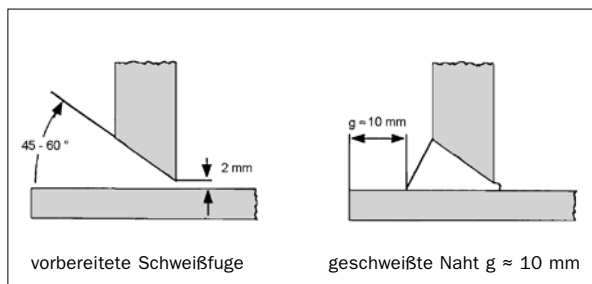
Ein langsames und dadurch lunkerarmes Abkühlen der Schweißnaht erreicht man durch Verwendung eines Abdeckgewebes, z. B. Glaswolle mit Aluminiumfolie oder Textiltuch.

Dabei werden gleichzeitig Spannungen im Nahtbereich abgebaut.

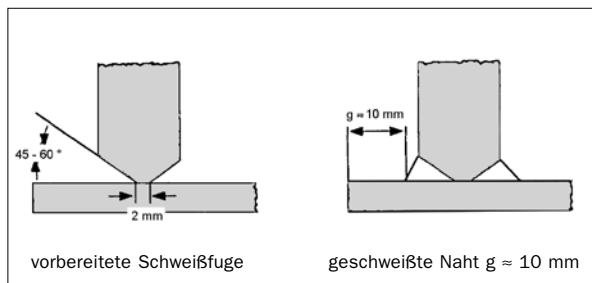
6.7 Nahtformen

T-Stoß, HV-Naht (halbe V-Naht) mit Kehlnaht, DV-Naht

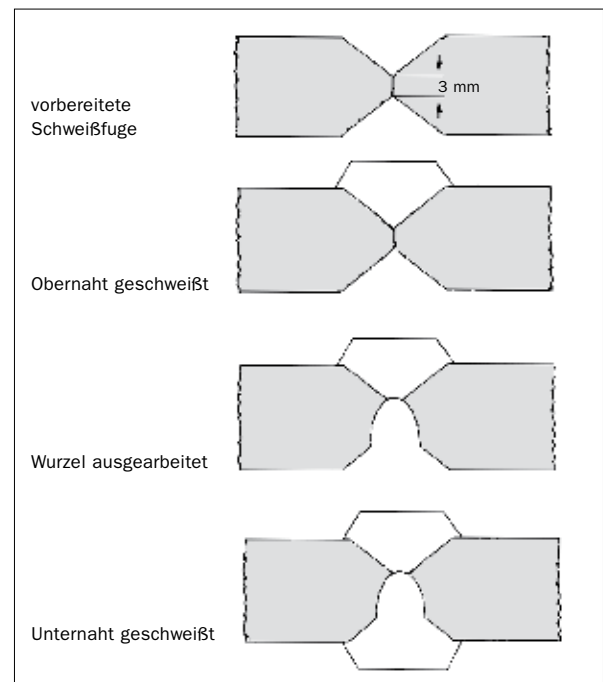
Der Überstand g dient zur Auflage und Führung des Schweißschuhes.



T-Stoß, HV-Naht mit Kehlnaht



T-Stoß mit Doppel-HV-Naht

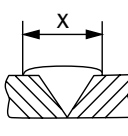
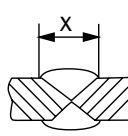
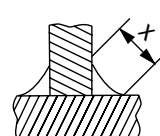
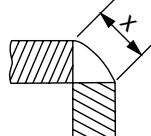
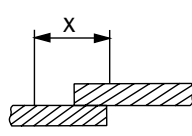
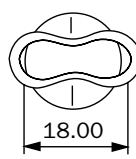
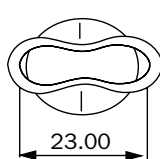
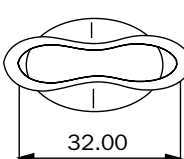
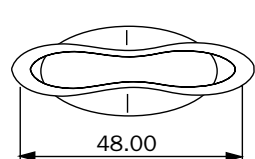


Stumpfstoßnaht mit DV-Naht – Schweißnaht ohne Spalt

6.8 Einflussgrößen für einwandfreie Stoßnähte

- Sauberkeit von Grundmaterial, Zusatzmaterial, Vorwärmluft
- Massetemperatur des Schweißzusatzes
- Massetemperatur des Grundwerkstoffes
- Wärmegastemperatur
- Massendurchsatz des Schweißextrudats
- Wärmegasmenge
- Schweißgeschwindigkeit (Vorschub)
- Schweißdruck (Anpressdruck)

Beispiele für die maßliche Gestaltung der Schweißdüse und den Querschnitt der Luftaustrittsöffnung für Schweißarbeiten bis 40 mm (DIN EN 13705, 2004)

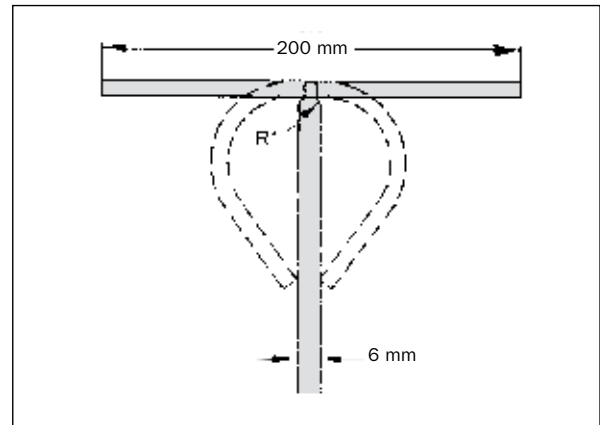
| Schweißnahtprofil | V-Profil | X-Profil | T-Profil | Winkelprofil | Überlappung |
|-------------------|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| X (mm) Düse | bis 16 | von 17 bis 21 | von 21 bis 30 | von 25 bis 40 | |
| |  |  |  |  | |

7 Prüfung der Schweißnahtfestigkeit

7.1 Manuelle Prüfung

DVS-Richtlinie 2203-5: „Diese Ausführung des technologischen Biegeversuches ist eine einfache, orientierende Werkstattprüfung. Vom Kräfteaufwand ist diese Methode begrenzt auf Probendicken ≤ 10 mm.

Die Probe wird mit der abgearbeiteten Schweißnaht über einen gerundeten 6 mm dicken Steg bei zügiger Kraftaufbringung (siehe Abbildung rechts) bis zum Bruch beziehungsweise soweit gebogen, dass die freien Enden der Probe am Steg anliegen.“



Schematische Darstellung des mechanischen Versuchs

7.2 Schweißfaktor (Zugversuch)

(DVS 2203-5)

Schweißfaktor

| | Wargasschweißen | | Heizelementstumpfschweißen | | Extrusionsschweißen | |
|----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | Kurzzeit-Faktor | Langzeit-Faktor | Kurzzeit-Faktor | Langzeit-Faktor | Kurzzeit-Faktor | Langzeit-Faktor |
| PE-HWU/-HWST | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,6 |
| PP-DWU/-DWST | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,6 |
| PVC-CAW/-MZ/-C | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | – | – |
| PVDF | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | – | – |

Die Kurzzeitfaktoren gelten für Belastungszeiten bis zu einer Stunde. Für die Bauteilberechnung sind somit nur die Langzeitfaktoren zu verwenden.

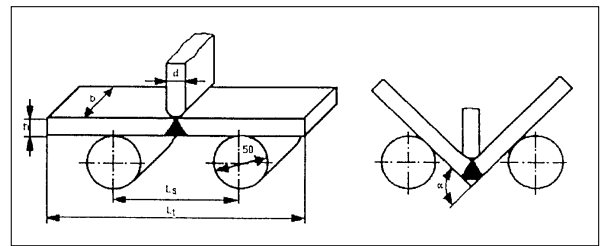
Der Schweißfaktor gibt das Verhältnis der Zugfestigkeit der Schweißnaht zur Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes an:

$$\frac{\text{Zugfestigkeit der Schweißnaht}}{\text{Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes}}$$

7.3 Technologischer Biegeversuch

(DVS 2203-5)

Der technologische Biegeversuch dient – in Verbindung mit anderen Prüfungen – der Beurteilung der Schweißausführung. Biegewinkel und Bruchbild lassen auf die Verformbarkeit der Verbindung und damit auf die Qualität der Schweißnahtausführung schließen. Das Zeitstandverhalten einer Schweißverbindung lässt sich durch die Biegeversuchsergebnisse nur bedingt ermitteln.



Schematische Darstellung des maschinellen Versuchs

Abmessungen der Versuchsanordnung und Probenkörper (DVS 2203-5)

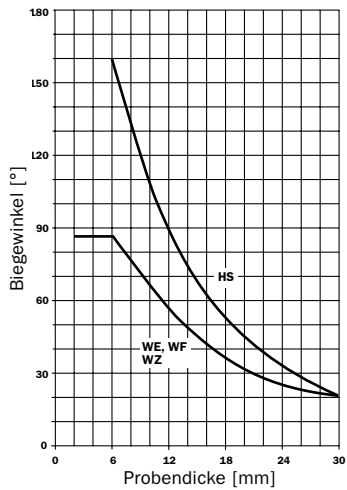
| | Probekörper | | | | | |
|--|--------------------------|--|-------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | Dicke s Nennmaß mm | Breite b mm | | Mindestlänge L ₁ mm | Stützweite L _s mm | Biegestempeldicke a mm |
| | | Rohr | Tafel | | | |
| | 3 < s ≤ 5 | 0,1 x d ¹⁾ min.: 6 max.: 30 | 20 | 150 | 80 | 4 |
| | 5 < s ≤ 10 | | 20 | 200 | 90 | 8 |
| | 10 < s ≤ 15 | | 20 | 200 | 100 | 12,5 |
| | 15 < s ≤ 20 | | 30 | 250 | 120 | 16 |
| | 20 < s ≤ 30 | | 30 | 300 | 160 | 25 |

¹⁾ Nenndurchmesser

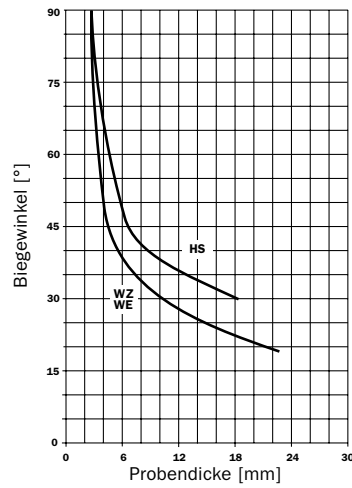
Prüfgeschwindigkeit

| Werkstoff | Prüfgeschwindigkeit mm/min |
|-----------|-------------------------------|
| PE-HD | 50 |
| PP-R | 50 |
| PP-H, -B | 20 |
| PVDF | 20 |
| PVC-U | 10 |

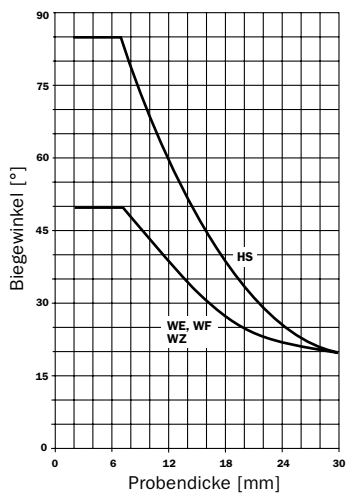
Abhängigkeit der Mindestbiegewinkel für SIMONA-Halbzeuge von der Probendicke



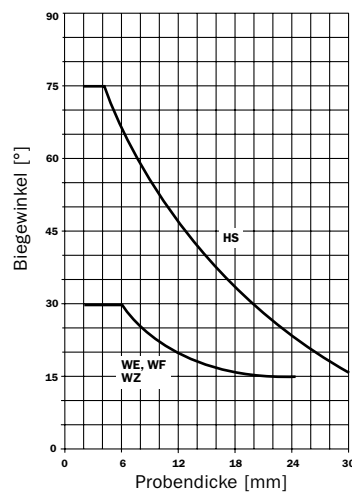
SIMONA®
PE-HWU/HWST



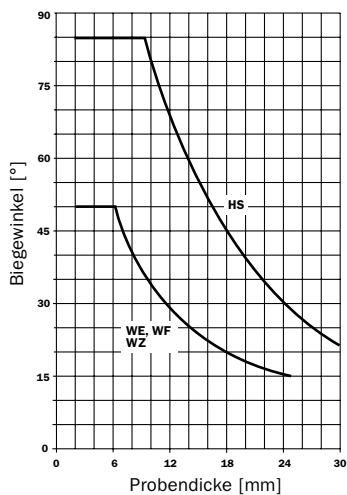
SIMONA®
PVDF



SIMONA® PP-C,
PP-DWU/DWST/
PE-EL



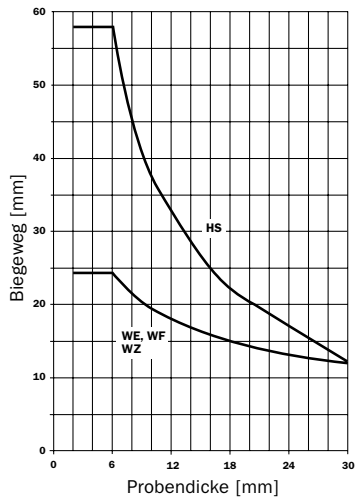
SIMONA®
PVC-CAW/
PVC-C



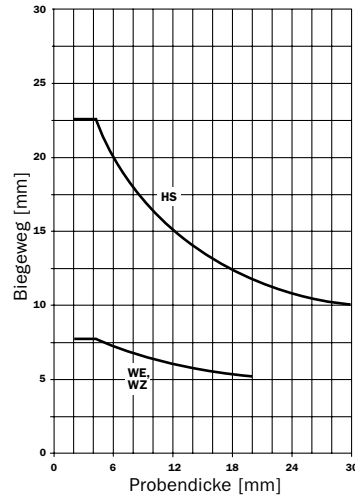
SIMONA®
PVC-MZ/HSV

HS: Heizelementstumpfschweißen
WF: Warmgasfächelschweißen
WZ: Warmgasziehschweißen
WE: Warmgasextrusionsschweißen

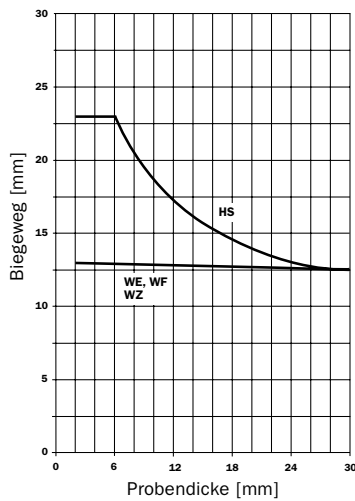
Abhängigkeit der Mindestbiegewege für SIMONA-Halbzeuge von der Probendicke



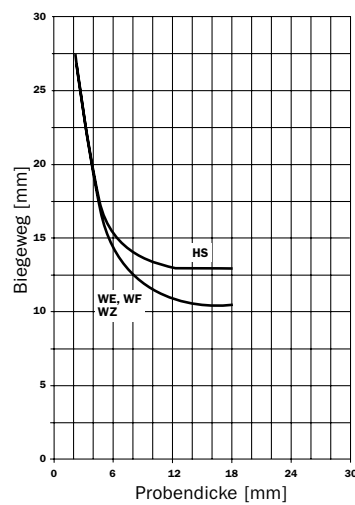
SIMONA®
PE-HWU/HWST



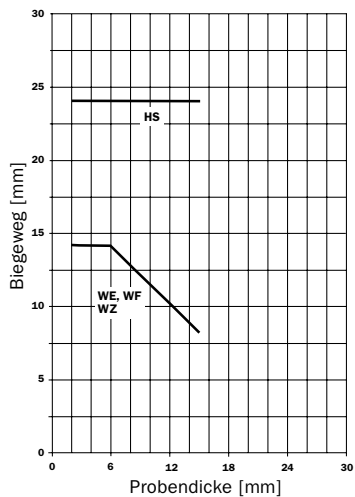
SIMONA®
PVDF



SIMONA® PP-C,
PP-DWU/DWST/
PE-EL



SIMONA®
PVC-CAW/
PVC-C



SIMONA®
PVC-MZ/HSV

HS: Heizelementstumpfschweißen
WF: Warmgasfächelschweißen
WZ: Warmgasziehschweißen
WE: Warmgasextrusionsschweißen

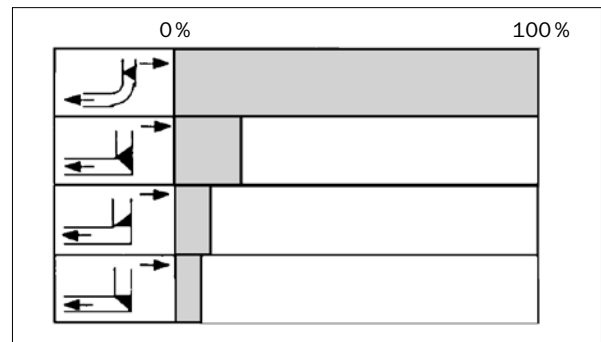
8 Schweißverbindungen

8.1 Gestaltfestigkeit von Schweißverbindungen

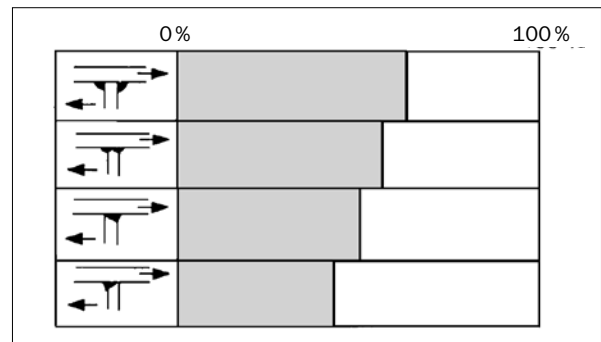
Innere und äußere Kerben sowie ungünstige Wanddickenübergänge ergeben Gestaltfestigkeiten, die u.U. wesentlich unter der Werkstofffestigkeit liegen. Schweißverbindungen stellen in jedem Fall eine Inhomogenität dar. Da Schweißnähte in den meisten Fällen nicht abgearbeitet werden, ergeben sich zudem auch Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche, die gestaltfestigkeitsmindernd wirken.

In der Abbildung rechts oben sind vier verschiedene Eckverbindungen unterschiedlicher Gestaltung aufgezeigt. Werden diese Eckverbindungen einer Biegebeanspruchung ausgesetzt, so zeigt sich, dass rechtwinklige Eckverbindungen generell wesentlich ungünstiger sind als gerundete Ecken mit Fügestellen außerhalb der Rundung. Rundungen erlauben immer einen wesentlich ungehinderteren Kraftfluss und ergeben eine bis zu 10mal höhere Gestaltfestigkeit als konventionelle rechtwinklige Eckverbindungen.

T-förmige Verbindungen zeigen bei einseitig geschweißter Naht ein erheblich ungünstigeres Verhalten als bei zweiseitiger Schweißung (siehe Abbildung unten). Wichtig ist auch hier, dass auf der Zugseite des beanspruchten Teils keine Kerben vorhanden sind. Günstig auf die Gestaltfestigkeit wirkt sich aus, dass Hohlkehlnähte eine gewisse Rundung darstellen und somit den Kraftfluss positiv beeinflussen.

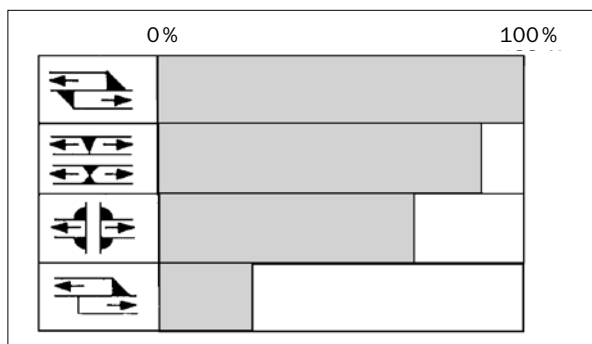


Winklige Schweißverbindungen



T-förmige Schweißverbindungen

In Abbildung unten sind Verbindungen dargestellt, die einer Zugbeanspruchung ausgesetzt werden. Im Nahtbereich entstehen Zug- bzw. Scherspannungen. Eine abgearbeitete V-Naht ergibt eine hohe Gestaltfestigkeit, da der Kraftfluss nicht behindert und die Kerbwirkung minimiert wird. Bei einfachen Laschenverbindungen entstehen sowohl Schub- und Zugkräfte als auch Biegemomente in der Schweißnaht. Die Gestaltfestigkeit ist sehr gering, weil der Kraftfluss stark behindert wird. Im Gegensatz dazu erlaubt die doppelte Laschenverbindung eine günstige Umlenkung der Kräfte. Die Verbindungsart besitzt eine hohe Gestaltfestigkeit. Das gleiche gilt für Kreuzverbindungen.



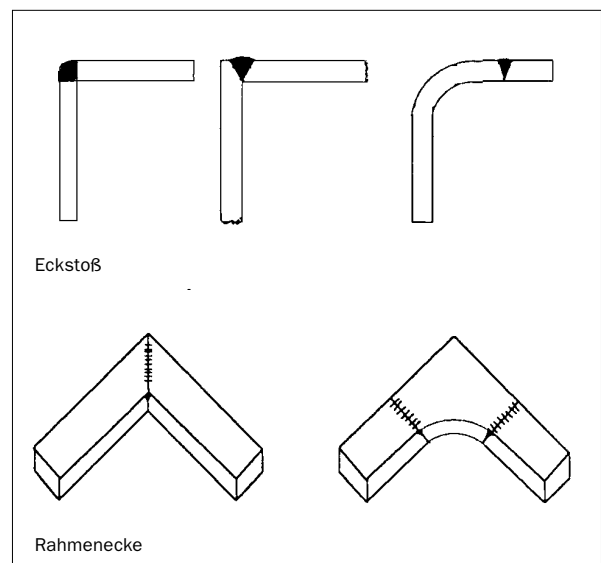
Ebene Schweißverbindung

8.2 Lage von Schweißnähten

Die folgenden Gestaltungsbeispiele sind im Zusammenhang und zusätzlich zu DVS 2205 Blatt 3 zu sehen.

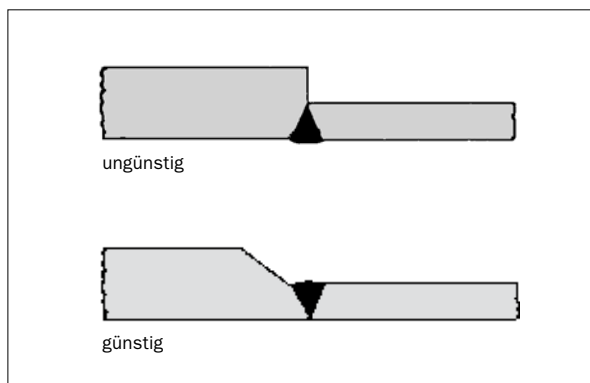
Bei tragenden Nähten oder bei Kehlnähten sind die Schweißnähte so zu dimensionieren, dass die erforderlichen Querschnitte zur Kraftübertragung ausreichen. Stumpfstoße sind vorzuziehen.

V-Nähte sind an der Wurzel gegenschweißen.



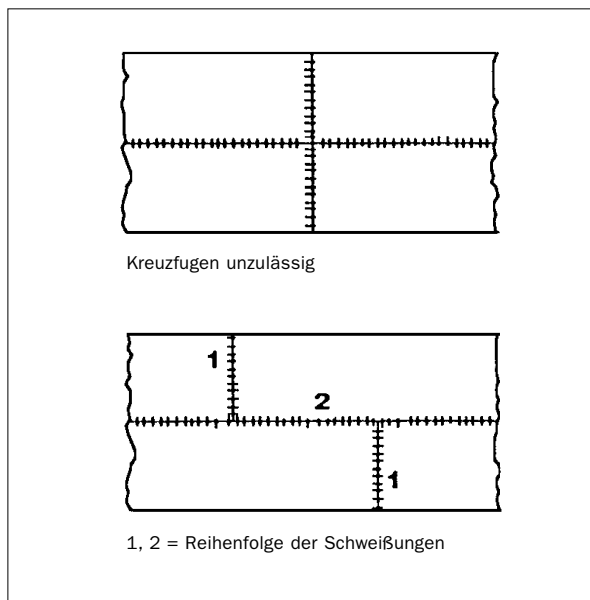
Beispiele für Eckengestaltung

Übergänge im Kraftverlauf sind bei Stumpfstoßen unterschiedlicher Wanddicken anzustreben.

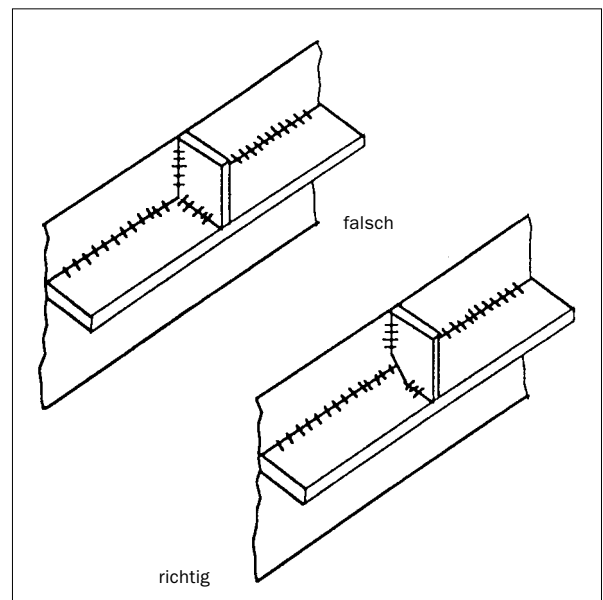


Beispiele für Querschnittsänderung

Schweißnahtanhäufungen sind zu vermeiden. Nahtkreuzungen sind unzulässig.



Beispiele für Schweißnahtanhäufungen



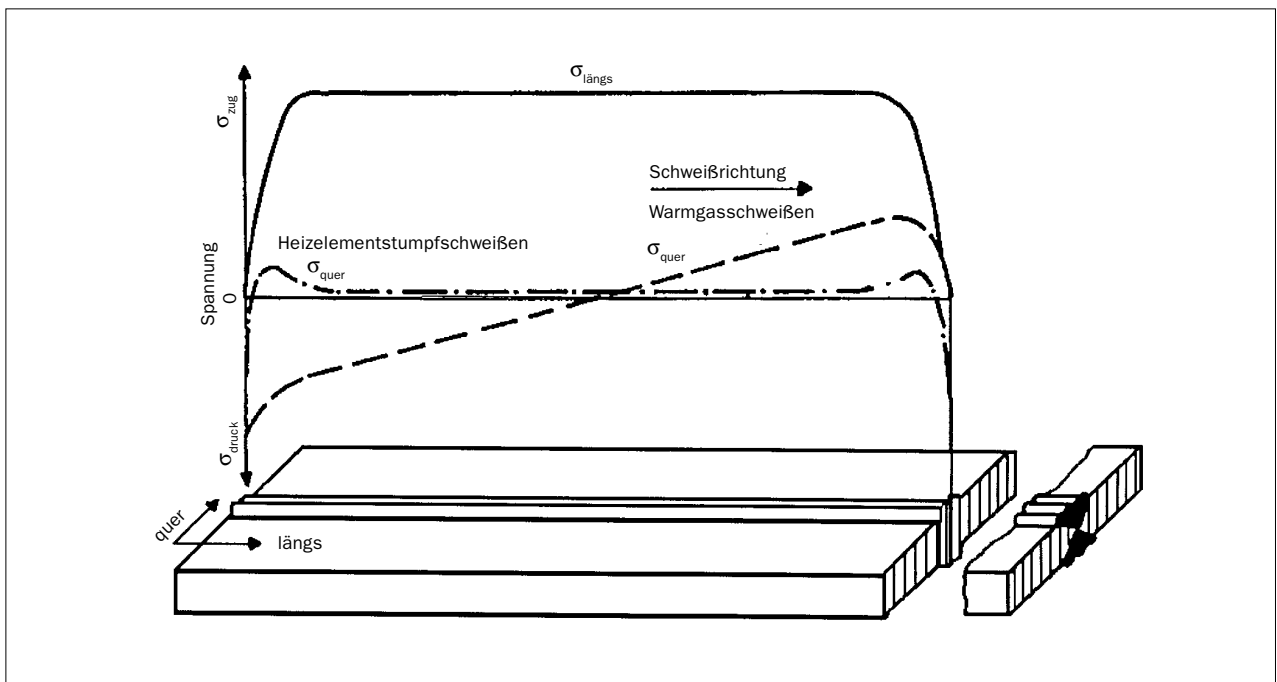
Anschluß von Versteifungen

8.3 Spannungen

Beim Verschweißen von Thermoplasten bilden sich in Abhängigkeit vom Schweißverfahren verschiedene Spannungszustände, die sich innerhalb der Schweißnaht quer, längs und bei dickeren Halbzeugen auch senkrecht ausbilden können. Hervorgerufen werden diese Spannungen durch örtliches Erwärmen verbunden mit einer ungleichmäßigen Abkühlung.

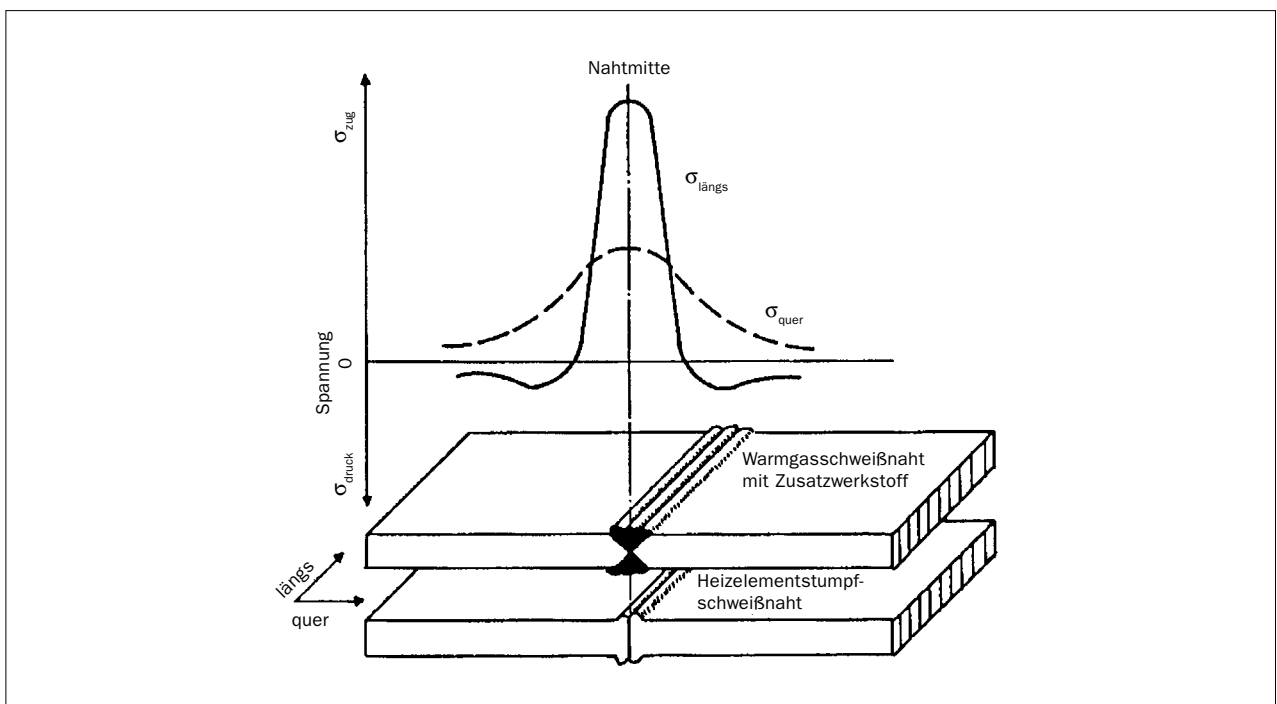
Beim Erwärmen des Werkstoffes in der Schweißnahtzone werden durch die thermische Längenänderung Druckspannungen aufgebaut, wobei während des Schweißvorganges eine Relaxation dieser Spannungen durch das plastische Verhalten des Thermoplasten stattgefunden hat. Bei dem nachfolgenden Abkühlen bilden sich dann Wärmegugspannungen. Während die im Schweißnahtquerschnitt auftretenden Längs-

spannungen schweißverfahrensunabhängig sind, ist dies bei den gleichfalls auftretenden Querspannungen nicht der Fall. Entscheidend dabei ist, ob die zu verschweißende Tafel eingespannt ist oder ob sie schrumpfen kann. Beim Warmgasschweißen ist der zeitlich nacheinander ablaufende Schweißvorgang für den Aufbau der Querspannung verantwortlich: Aufgrund der bereits erwähnten Spannungsrelaxation entstehen Wärmegugspannungen im Anfangsbereich. Mit weiter fortschreitendem Schweißen müssen diese Werkstoffbereiche die nun gleichfalls fortschreitende Zugspannung aufnehmen. Daraus ergibt sich die Tatsache, dass in der zuletzt geschweißten Zone Zugspannungen erhalten bleiben, in den ersten Bereichen sich jedoch Zugspannungen aufbauen.



Verlauf der Schweißspannungen über die Länge der Schweißnaht beim Heizelement- und Warmgasschweißen (nach Menges)

Verlauf der Schweißspannungen über dem Schnitt senkrecht zur Schweißnaht. Die Höhe der Querspannungen bei der Heizelementstumpfnahht ist stark von der Höhe und Dauer des Schweißdruckes abhängig (nach Menges).



9 Beratung

Unsere Mitarbeiter in Verkauf und des Technical Service Centers besitzen eine langjährige Erfahrung im Einsatz und in der Verarbeitung unser thermoplastischen Halbzeuge. Wir beraten Sie gerne.

E-Mail: tsc@simona.de

10 Normen zum Schweißen und Kleben von Kunststoffen

10.1 DVS-Merkblätter

| | | | |
|-------------|---------------|---------|---|
| 2201 | -2 | (02.89) | Prüfen von Halbzeug aus Thermoplasten Schweißseignung; Prüfverfahren – Anforderungen |
| 2202 | -1 | (07.06) | Fehler an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen Merkmale, Beschreibung, Bewertung |
| 2203 | | | Prüfen von Halbzeug und Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen |
| | -1 | (01.03) | Prüfverfahren, Anforderungen |
| | -2 | (04.06) | Zugversuch |
| | -3 | (04.11) | Schlagzugversuch |
| | -4 | (12.01) | Zeitstand-Zugversuch |
| | -5 | (08.99) | Technologischer Biegeversuch |
| 2204 | -1 | (01.11) | Kleben von thermoplastischen Kunststoffen Zum Kleben von PVC-weichmacherfrei bzw. von PVC-C sind Richtlinien in Arbeit |
| 2205 | | | Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten |
| | -1 | (04.02) | Kennwerte |
| | -2 | (01.11) | Stehende runde, drucklose Behälter |
| | -3 | (04.75) | Schweißverbindungen |
| | -4 | (11.88) | Flanschverbindungen |
| | -5 | (07.87) | Rechteckbehälter |
| | Bei- blatt | (10.84) | Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten, Rechteckbehältern, konstruktive Details |
| 2206 | -1-5 | (2011) | Prüfung von Bauteilen und Konstruktionen aus thermoplastischen Kunststoffen |
| 2207 | | | Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen, |
| | -1 | (09.05) | Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD |
| | -3 | (04.05) | Wärmegasschweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Tafeln und Rohre – Schweißparameter |
| | -4 | (04.05) | Extrusionsschweißen; Tafeln und Rohre |
| | -6 | (09.03) | Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen; Berührungsloses Heizelementstumpfschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln Verfahren – Maschinen – Parameter |
| | -11 | (08.08) | Heizelementschweißen von thermoplastischen Kunststoffen, Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PP |
| | -12 | (12.06) | Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PVC-U |
| | -14 | (04.09) | Heizelement-Schwenkbiegeschweißen von Tafeln aus PP und PE |
| | -15 | (12.05) | Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PVDF |
| 2208 | -1 | (03.07) | Maschinen und Geräte zum Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen |
| 2210 | -1 | (04.97) | Industrie-Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen; Projektierung und Ausführung, oberirdische Rohrsysteme |
| 2211 | | (04.05) | Schweißzusätze für thermoplastische Kunststoffe; Geltungsbereich, Kennzeichnung, Anforderung, Prüfung |
| 2212 | -1 | (09.05) | Prüfung von Kunststoffschweißern, Prüfgruppe 1 |

DVS-Merkblätter sind zu beziehen von:

Deutscher Verlag für Schweißtechnik GmbH, Aachener Str. 172, 40233 Düsseldorf, Deutschland

10.2 DIN-Normen

| | | |
|----------------------|---------|--|
| DIN EN 14610 | (02.05) | Schweißen und verwandte Prozesse; Begriffe für Metallschweißprozesse |
| DIN 1910 -3 | (09.77) | Schweißen – Schweißen von Kunststoffen; Verfahren |
| DIN 16960 -1 | (02.74) | Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen; Grundsätze |
| DIN EN 137705 | (09.04) | Schweißen von Thermoplasten – Maschinen und Geräte für das Wärmgasschweißen (einschl. Wärmgas-Extrusionsschweißen) |

10.3 VDI-Richtlinien

| | | |
|-----------------|---------|---------------------------------------|
| VDI 2003 | (01.76) | Spanende Bearbeitung von Kunststoffen |
|-----------------|---------|---------------------------------------|

DIN-Normen und VDI-Richtlinien sind zu beziehen von:

Beuth-Verlag, Postfach 1145, Burggrafenstr. 4–10, 10772 Berlin 30, Deutschland

10.4 KRV-Richtlinien

Klebeanleitung PVC-Druckleitungen

KRV-Richtlinien sind zu beziehen von:

Kunststoffrohrverband e.V., Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V., Dyroffstr. 2, 53113 Bonn, Deutschland

Quellenangaben

- o. a. Normen und Richtlinien
- Hoechst-Broschüre: „Umformen, Bearbeiten, Fügen“
- Hadick: Schweißen von Kunststoffen
- Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien, Fügen von Kunststoffen, Band 68/IV, 13. Auflage, 2010

11 Anhang

In Abhängigkeit von Maschine und Arbeitsbedingungen kann eine Variation der in den folgenden Tabellen angegebenen Richtwerte, insbesondere der Anwärmzeiten, notwendig sein. Dazu sind grundsätzlich Arbeitsproben anzufertigen und zu prüfen.

Warmgasschweißen DVS 2207-3, Beiblatt 1

Richtwerte für das Warmgasschweißen

| Werkstoff | Luft l/min | Temperatur 5 mm in der Schweißdüse gemessen °C | Geschwindigkeit [cm/min] | | | |
|------------------------|-------------------|--|---------------------------|---------|-----------------------------|--------|
| | | | Ø Fächelschweißdüse mm | | Ø Schnellschweiß-Düse mm | |
| | | | 3 | 4 | 3 | 4 |
| PE | | | | | | |
| -HWU, -HWST | 50 – 60 | 320 – 340 | 10 – 15 | ca. 10 | ≤50 | ≤40 |
| -HWU-B | 50 – 60 | 320 – 340 | 10 – 15 | ca. 10 | ≤50 | ≤40 |
| FOAM | 50 – 60 | 300 – 340 | 10 – 15 | ca. 10 | ≤50 | ≤40 |
| -HML 500 | 50 – 60 | 270 – 300 | – | – | ≤25 | ≤20 |
| PP | | | | | | |
| -DWU AlphaPlus®, -DWST | 50 – 60 | 320 – 340 | ca. 10 | < 10 | ≤50 | ≤40 |
| -DWU-B | 50 – 60 | 320 – 340 | ca. 10 | < 10 | ≤50 | ≤40 |
| FOAM | 50 – 60 | 300 – 340 | ca. 10 | < 10 | ≤50 | ≤40 |
| PPs | 50 – 60 | 300 – 320 | ca. 10 | < 10 | ≤50 | ≤40 |
| PVC | | | | | | |
| -MZ-COLOR | 45 – 55 | 350 – 370 | 15 – 20 | ca. 15 | ≤50 | ≤40 |
| -GLAS | 45 – 55 | 350 – 370 | 15 – 20 | ca. 15 | ≤60 | ≤50 |
| -CAW | 45 – 55 | 350 – 380 | 15 – 20 | ca. 15 | ≤60 | ≤50 |
| -C | 45 – 55 | 370 – 390 | 15 – 20 | ca. 15 | ≤60 | ≤50 |
| COPLAST-AS | 45 – 50 | 340 – 360 | 20 – 25 | 15 – 20 | ca. 100 | ca. 75 |
| SIMOPOR | 45 – 50 | 340 – 360 | 20 – 25 | 15 – 20 | ca. 100 | ca. 75 |
| PVDF* | 50 – 60 | 365 – 385 | 10 – 15 | ca. 10 | ≤40 | ≤30 |
| E-CTFE* | 50 – 60 | 350 – 380 | – | – | ≤25 | ≤20 |
| SIMOLUX | 40 – 50 | 300 – 320 | ca. 15 – 20 | ca. 15 | ≤50 | ≤40 |

* Zur Vermeidung möglicher Oxidationsvorgänge an den Fügeoberflächen ist die Verwendung von Inertgas (z. B. Stickstoff) zu empfehlen.

Warmgaszieh- und -fächelschweißen (WZ und WF)

DVS 2207-3, Beiblatt 1

Richtwerte für das Warmgaszieh- und -fächelschweißen für Rohre und Platten

| Schweißverfahren | Kurzzeichen | Warmgas- temperatur ¹⁾ | Warmgas- volumenstrom ²⁾ | Schweiß- geschwindigkeit ³⁾ | Schweißkraft (N) bei Draht Ø | |
|------------------|-------------|--------------------------------------|--|---|------------------------------|------|
| | | °C | l/min | mm/min | 3 mm | 4 mm |

Warmgasfächelschweißen WF

| | | | | | | |
|--|---------------------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| | PE-HD ⁴⁾ | 300 – 320 | 40 – 50 | 70 – 90 | 8 – 10 | 20 – 25 |
| | PP-H, PP-B, PP-R | 305 – 315 | 40 – 50 | 60 – 85 | 8 – 10 | 20 – 25 |
| | PVC-U | 330 – 350 | 40 – 50 | 110 – 170 | 8 – 10 | 20 – 25 |
| | PVC-C | 340 – 360 | 40 – 50 | 55 – 85 | 15 – 20 | 20 – 25 |
| | PVDF | 350 – 370 | 40 – 50 | 45 – 50 | 15 – 20 | 25 – 30 |

Warmgasziehschweißen WZ

| | | | | | | |
|--|---------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|---------|--------------|
| | PE-HD ⁴⁾ | 320 – 340 | 45 – 55 | 250 – 350 | 15 – 20 | 25 – 35 |
| | PP-H, PP-B, PP-R | 320 – 340 | 45 – 55 | 250 – 350 | 15 – 20 | 25 – 35 |
| | PVC-U | 350 – 370 | 45 – 55 | 250 – 350 | 15 – 20 | 25 – 35 |
| | PVC-C | 370 – 390 | 45 – 55 | 180 – 220 | 20 – 25 | 30 – 35 |
| | PVDF | 365 – 385 | 45 – 55 | 200 – 250 | 20 – 25 | 30 – 35 |
| | E-CTFE | 350 – 380 | 50...60 Warmgas/ Stickstoff | 220 – 250 | 10 – 15 | keine Angabe |
| | FEP | 380 – 390 | 50 – 60 | 60 – 80 | 10 – 15 | keine Angabe |
| | MFA | 395 – 405 | 50 – 60 | 60 – 80 | 10 – 15 | keine Angabe |
| | PFA | 400 – 410 | 50 – 60 | 70 | 10 – 15 | keine Angabe |

¹⁾ Gemessen 5 mm in der Düse in der Mitte der Hauptdüsenöffnung

²⁾ Angesaugtes Kaltluftvolumen bei Umgebungsdruck

³⁾ Abhängig vom Schweißzusatzdurchmesser und der Schweißfugegeometrie

⁴⁾ PE 63, PE 80, PE 100

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-1

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PE-HWU/HWST/PE 100

| Plattendicke | Temperatur* | Angleichen** | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------|
| | | $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$ | $p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit*** | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | min |
| 3 | 220 | 0,5 | 30 | < 3 | 3,0 | 6,0 |
| 4 | 220 | 0,5 | 40 | < 3 | 4,0 | 6,0 |
| 5 | 215 | 1,0 | 50 | < 3 | 5,0 | 7,0 |
| 6 | 215 | 1,0 | 60 | < 3 | 5,5 | 8,5 |
| 8 | 215 | 1,5 | 80 | < 3 | 6,5 | 11,0 |
| 10 | 215 | 1,5 | 100 | < 3 | 7,0 | 12,5 |
| 12 | 210 | 2,0 | 120 | < 3 | 8,0 | 16,0 |
| 15 | 210 | 2,0 | 150 | < 3 | 8,5 | 19,5 |
| 20 | 205 | 2,0 | 200 | < 3 | 10,5 | 25,0 |
| 25 | 205 | 2,5 | 250 | < 3 | 11,5 | 31,0 |
| 30 | 200 | 2,5 | 300 | < 3 | 13,5 | 36,5 |
| 35 | 200 | 3,0 | 350 | < 3 | 15,5 | 42,5 |
| 40 | 200 | 3,5 | 400 | < 3 | 17,0 | 48,5 |
| 50 | 200 | 3,5 | 500 | < 3 | 25,0 | 60,0 |
| 60 | 200 | 4,0 | 600 | < 3 | 30,0 | 70,0 |
| 70 | 200 | 4,0 | 700 | < 3 | 35,0 | 80,0 |

* Für PE 100 wird bei allen Stärken eine konstante Heizelementtemperatur von 220°C empfohlen.

** Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,15 N/mm²)

*** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PE FOAM

| Plattendicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------|
| | | $p \approx 0,30 \text{ N/mm}^2$ | $p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,30 \text{ N/mm}^2$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | min |
| 6 | 215 | 1,0 | 60 | <3 | 5,5 | 8,5 |
| 8 | 215 | 1,5 | 80 | <3 | 6,5 | 11,0 |
| 10 | 215 | 1,5 | 100 | <3 | 7,0 | 12,5 |
| 12 | 210 | 2,0 | 120 | <3 | 8,0 | 16,0 |
| 15 | 210 | 2,0 | 150 | <3 | 8,5 | 19,5 |
| 20 | 205 | 2,0 | 200 | <3 | 10,5 | 25,0 |

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,3 N/mm²)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-11

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PP-DWU/DWST, PPs

| Plattendicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|------------|--------------------------|------------------------------|-------------|---|----------------------------|
| | | $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$ | $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2 \pm 0,01$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | min |
| 3 | 220 | 0,5 | 105 | <3 | 5 | 6 |
| 4 | 220 | 0,5 | 130 | <3 | 5 | 6 |
| 5 | 215 | 0,5 | 145 | <3 | 5 – 6 | 6 – 12 |
| 6 | 215 | 0,5 | 160 | <3 | 5 – 6 | 6 – 12 |
| 8 | 215 | 1,0 | 190 | <3 | 6 – 8 | 12 – 20 |
| 10 | 215 | 1,0 | 215 | <3 | 6 – 8 | 12 – 20 |
| 12 | 210 | 1,0 | 245 | <3 | 8 – 11 | 20 – 30 |
| 15 | 210 | 1,0 | 280 | <3 | 8 – 11 | 20 – 30 |
| 20 | 205 | 1,5 | 340 | <3 | 11 – 14 | 30 – 40 |
| 25 | 205 | 1,5 | 390 | <3 | 11 – 14 | 30 – 40 |
| 30 | 200 | 1,5 | 430 | <3 | 14 – 19 | 40 – 55 |
| 35 | 200 | 2,0 | 470 | <3 | 14 – 19 | 40 – 55 |
| 40 | 200 | 2,0 | 505 | <3 | 19 – 25 | 55 – 70 |
| 50 | 200 | 2,5 | 560 | <3 | 25 – 32 | 55 – 70 |

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter $0,1 \text{ N/mm}^2$)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PP FOAM

| Plattendicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|--|----------------------------|
| | | $p \approx 0,20 \text{ N/mm}^2$ | $p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,20 \text{ N/mm}^2 \pm 0,01$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | min |
| 6 | 215 | 0,5 | 160 | <3 | 5–6 | 6–12 |
| 8 | 215 | 1,0 | 190 | <3 | 6–8 | 12–20 |
| 10 | 215 | 1,0 | 215 | <3 | 6–8 | 12–20 |
| 12 | 210 | 1,0 | 245 | <3 | 8–11 | 20–30 |
| 15 | 210 | 1,0 | 280 | <3 | 8–11 | 20–30 |
| 20 | 205 | 1,5 | 340 | <3 | 11–14 | 30–40 |

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter $0,2 \text{ N/mm}^2$)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementstumpfschweißen

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PVC-CAW

| Plattendicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|------------|--------------------------|---------------------------------|-------------|--|----------------------------|
| | | $p = 0,5 \text{ N/mm}^2$ | $p \approx 0,03 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,5 \text{ N/mm}^2$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau = 1 x Wanddicke | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | min |
| 3 | 225 – 230 | > 0,5 | 45 | < 2 | 3 | 3 |
| 4 | 225 – 230 | > 0,5 | 60 | < 2 | 4 | 4 |
| 5 | 225 – 230 | > 0,5 | 75 | < 2 | 5 | 5 |
| 6 | 225 – 230 | > 0,5 | 90 | < 2 | 6 | 6 |
| 8 | 220 – 225 | > 1,0 | 120 | < 2 | 8 | 8 |
| 10 | 220 – 225 | > 1,0 | 150 | < 2 | 10 | 10 |
| 12 | 220 – 225 | > 1,0 | 180 | < 2 | 12 | 12 |
| 15 | 220 – 225 | > 1,5 | 225 | < 2 | 15 | 15 |
| 20 | 220 – 225 | > 1,5 | 300 | < 2 | 20 | 20 |
| 25 | 220 – 225 | > 2,0 | 375 | < 2 | 20 | 25 |
| 30 | 220 – 225 | > 2,0 | 450 | < 2 | 20 | 30 |

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angeichzeit (Angleichen unter $0,5 \text{ N/mm}^2$)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-15

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® PVDF

| Plattendicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------|--|---|
| | | $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$ | $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$ | |
| | | Wulsthöhe | Zeit = 10 x Wanddicke + 40 s | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau = 0,4 x Wanddicke + 2,5 s | Abkühlzeit unter Fügedruck = 1,2 x Wanddicke + 2 min |
| mm | °C | mm | Zeit s | | s | s |
| 3 | 245 | 0,5 | 70 | <3 | 3,5 | 5,5 |
| 4 | 245 | 0,5 | 80 | <3 | 4,0 | 7,0 |
| 5 | 245 | 0,5 | 90 | <3 | 4,5 | 8,0 |
| 6 | 240 | 0,5 | 100 | <3 | 5,0 | 9,0 |
| 8 | 240 | 1,0 | 120 | <3 | 5,5 | 11,5 |
| 10 | 240 | 1,0 | 140 | <3 | 6,5 | 14,0 |
| 12 | 235 | 1,0 | 160 | <3 | 7,5 | 16,5 |
| 15 | 235 | 1,3 | 190 | <3 | 8,5 | 20,0 |
| 20 | 235 | 1,7 | 240 | <3 | 10,5 | 26,0 |
| 25 | 235 | 2,0 | 290 | <3 | 13,0 | 32,0 |
| 30 | 235 | 2,0 | 340 | <3 | 13,0 | 40,0 |
| 40 | 235 | 2,0 | 440 | <3 | 13,0 | 50,0 |
| 50 | 235 | 2,0 | 540 | <3 | 13,0 | 60,0 |

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter $0,1 \text{ N/mm}^2$)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Für das berührungslose Heizelementstumpfschweißen von PVDF gilt die DVS-Richtlinie:

2207-6 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen

Berührungsloses Heizelementstumpfschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln

Verfahren – Maschinen – Parameter

Heizelementstumpfschweißen

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus SIMONA® E-CTFE

| Plattendicke | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------|
| | $p \approx 0,3 \text{ N/mm}^2$ | $p \leq 0,03 \text{ N/mm}^2$ | | $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$ | |
| | Wulsthöhe | Zeit | max. Zeit** | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | mm | s | s | s | 100 x Wanddicke min |
| 2,3 | > 0,5 | 35 | < 3 | 3 | ~ 5 |
| 3 | > 0,5 | 45 | < 3 | 4 | ~ 6 |
| 4 | > 0,5 | 60 | < 3 | 5 | ~ 8 |
| 5 | > 0,5 | 75 | < 3 | 6 | ~ 10 |

Die Heizelementtemperatur beträgt 260–270 °C.

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,3 N/mm²)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Achtung! Die Heizelemente der bekannten Stumpfschweißmaschinen haben eine Temperaturbegrenzung von 250 °C. Bitte nehmen Sie Kontakt zu den Herstellern der Maschinen auf.

Heizelementstumpfschweißen

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Platten aus hochmolekularen Werkstoffen

| Werkstoff | Angleichdruck | Anwärmen $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$ | Umstellen | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlen | | |
|--------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------|
| | | | | | Zeit s | max. Zeit* s | Druck N/mm^2 |
| (Wulsthöhe = 1 mm) | N/mm^2 | | | s | | | |
| PE-HML 500 | 1,0 | Plattendicke in mm x 20 bis 25 | < 3 | < 10 | 1,0 | Plattendicke in mm x 1,5 | |
| PE-1000 | 3,0 | | < 3 | < 10 | 3,0 | | |

Die Heizelementtemperatur beträgt 200–210 °C.

* Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Es gibt keine Richtlinie zum Verschweißen hochmolekularer Werkstoffe.
Mit den oben genannten Werten werden jedoch gute Ergebnisse erreicht.

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-1

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren aus PE 80/PE 100/PE 100 RC

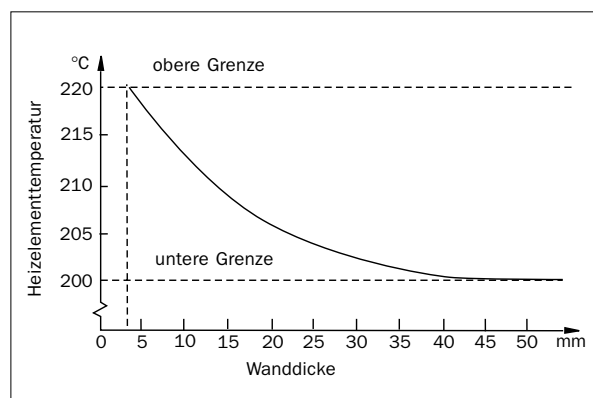
| Wanddicke | Angleichen* p ≈ 0,15 N/mm ² | Anwärmen p ≈ 0,01 N/mm ² | Umstellen | Fügen p ≈ 0,15 N/mm ² | |
|-----------|---|--|------------------|-------------------------------------|---|
| | | | | Zeit zum vollen Druckaufbau | Abkühlzeit unter Fügedruck (Mindestwert) min |
| mm | mm | Zeit s | max. Zeit** s | s | min |
| bis 4,5 | 0,5 | 45 | 5 | 5 | 6 |
| 4,5 – 7 | 1,0 | 45 – 70 | 5 – 6 | 5 – 6 | 6 – 10 |
| 7 – 12 | 1,5 | 70 – 120 | 6 – 8 | 6 – 8 | 10 – 16 |
| 12 – 19 | 2,0 | 120 – 190 | 8 – 10 | 8 – 11 | 16 – 24 |
| 19 – 26 | 2,5 | 190 – 260 | 10 – 12 | 11 – 14 | 24 – 32 |
| 26 – 37 | 3,0 | 260 – 370 | 12 – 16 | 14 – 19 | 32 – 45 |
| 37 – 50 | 3,5 | 370 – 500 | 16 – 20 | 19 – 25 | 45 – 60 |
| 50 – 70 | 4,0 | 500 – 700 | 20 – 25 | 25 – 35 | 60 – 80 |

Die Heizelementtemperatur beträgt 200 – 220 °C.

Für PE 100 wird bei allen Stärken eine konstante Heizelementtemperatur von 220 °C empfohlen.

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,15 N/mm²)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.



Richtwertkurve für Heizelementtemperaturen in Abhängigkeit der Wanddicke.

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-11

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren aus PP

| Wanddicke | Angleichen* p = 0,1 N/mm ² | Anwärmen p ≤ 0,01 N/mm ² | Umstellen | Fügen p = 0,10 N/mm ² ± 0,01 | |
|-----------|--|--|-----------|--|-------------|
| | | | | Zeit | max. Zeit** |
| mm | mm | s | s | s | min |
| bis 4,5 | 0,5 | 135 | 5 | 6 | 6 |
| 4,5 – 7 | 0,5 | 135 – 175 | 5 – 6 | 6 – 7 | 6 – 12 |
| 7 – 12 | 1,0 | 175 – 245 | 6 – 7 | 7 – 11 | 12 – 20 |
| 12 – 19 | 1,0 | 245 – 330 | 7 – 9 | 11 – 17 | 20 – 30 |
| 19 – 26 | 1,5 | 330 – 400 | 9 – 11 | 17 – 22 | 30 – 40 |
| 26 – 37 | 2,0 | 400 – 485 | 11 – 14 | 22 – 32 | 40 – 55 |
| 37 – 50 | 2,5 | 485 – 560 | 14 – 17 | 32 – 43 | 55 – 70 |

Die Heizelementtemperatur beträgt 210 ± 10 °C.

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,1 N/mm²)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementstumpfschweißen

DVS 2207-12

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren, Formteilen und Platten aus PVC-U/PVC-C

| Nennwanddicke | Temperatur | Angleichen* | Anwärmen | Umstellen | Fügen | |
|---------------|------------|---------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | | p = 0,5 N/mm ² | p = 0,03 N/mm ² | | p ≈ 0,5 N/mm ² | |
| | | Wulsthöhe | 15 sec x s | max. Zeit** | Fügedruck- aufbauzeit 1 + s/2 | Abkühlzeit unter Fügedruck |
| mm | °C | mm | s | s | s | 2 min x s min |
| 1,9 | 230 | 0,5 | 28,5 | <2 | 2 | 4 |
| 3 | 230 | 0,5 | 45 | <2 | 3 | 6 |
| 4 | 230 | 0,5 | 60 | <2 | 3 | 8 |
| 6 | 230 | 0,5 | 90 | <2 | 4 | 12 |
| 8 | 230 | 1,0 | 120 | <2 | 5 | 16 |
| 10 | 230 | 1,0 | 150 | <2 | 6 | 20 |
| 12 | 230 | 1,0 | 180 | <2 | 7 | 24 |
| 15 | 230 | 1,5 | 225 | <2 | 9 | 30 |
| 20 | 230 | 1,5 | 300 | <2 | 11 | 40 |
| 25 | 230 | 1,5 | 375 | <2 | 14 | 50 |

Bei einer Außentemperatur von 20 °C ± 2 °C und mäßiger Luftbewegung (keine Zugluft)

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,5 N/mm²)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementstumpfschweißen DVS 2207-15

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren aus PVDF

| Wanddicke | Angleichen* $p \approx 0,10 \text{ N/mm}^2$ | Anwärmen $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ Zeit = 10 x Wanddicke + 40 s | Umstellen max. Zeit** | Fügen $p = 0,10 \text{ N/mm}^2$ | |
|-------------|--|--|--------------------------|--|---|
| | | | | Fügedruckaufbauzeit = 0,4 x Wanddicke + 2,5 s | Abkühlzeit unter Fügedruck = 1,2 x Wanddicke + 2 min |
| mm | (Mindestwert) mm | s | s | s | (Mindestwert) min |
| 1,9 – 3,5 | 0,5 | 59 – 75 | 3 | 3 – 4 | 5 – 6 |
| 3,5 – 5,5 | 0,5 | 75 – 95 | 3 | 4 – 5 | 6 – 8,5 |
| 5,5 – 10,0 | 0,5 – 1,0 | 95 – 140 | 4 | 5 – 7 | 8,5 – 14 |
| 10,0 – 15,0 | 1,0 – 1,3 | 140 – 190 | 4 | 7 – 9 | 14 – 19 |
| 15,0 – 20,0 | 1,3 – 1,7 | 190 – 240 | 5 | 9 – 11 | 19 – 25 |
| 20,0 – 25,0 | 1,7 – 2,0 | 240 – 290 | 5 | 11 – 13 | 25 – 32 |

Für PVDF gilt eine Temperatur von $240 \pm 8^\circ\text{C}$.

* Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit ($0,10 \text{ N/mm}^2$)

** Die Umstellzeit soll so kurz wie möglich gehalten werden, da sonst die plastifizierten Flächen erkalten.

Heizelementmuffenschweißen DVS 2207-1 und 11

Richtwerte für das Heizelementmuffenschweißen von Rohren aus PE-80/100 und PP

| Rohrdurchmesser d | Anwärmen Zeit | | Umstellen max. Zeit | Abkühlen Mindestwert Zeit | |
|----------------------|------------------|---------------|------------------------|------------------------------|---------------|
| | SDR 11 | SDR 17 | | fixiert s | gesamt min |
| mm | s | s | s | | |
| 16 | 5 | | 4 | 6 | 2 |
| 20 | 5 | | 4 | 6 | 2 |
| 25 | 7 | ¹⁾ | 4 | 10 | 2 |
| 32 | 8 | ¹⁾ | 6 | 10 | 4 |
| 40 | 12 | ¹⁾ | 6 | 20 | 4 |
| 50 | 18 | ¹⁾ | 6 | 20 | 4 |
| 63 | 24 | ¹⁾ | 8 | 30 | 6 |
| 75 | 30 | 15 | 8 | 30 | 6 |
| 90 | 40 | 22 | 8 | 40 | 6 |
| 110 | 50 | 30 | 10 | 50 | 8 |
| 125 | 60 | 35 | 10 | 60 | 8 |

¹⁾ Infolge zu geringer Wanddicke nicht empfehlenswert
Die Heizelementtemperatur beträgt $260 \pm 10^\circ\text{C}$.

Heizelementmuffenschweißen DVS 2207-15

Richtwerte für das Heizelementmuffenschweißen von Rohren aus PVDF

| Rohrdurchmesser d | Anwärmen Zeit | Umstellen max. Zeit | Abkühlen ¹⁾ | |
|----------------------|------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| | | | fixiert s | gesamt min |
| mm | s | s | | |
| 16 | 4 | 4 | 6 | 2 |
| 20 | 6 | 4 | 6 | 2 |
| 25 | 8 | 4 | 6 | 2 |
| 32 | 10 | 4 | 12 | 4 |
| 40 | 12 | 4 | 12 | 4 |
| 50 | 18 | 4 | 12 | 4 |
| 63 | 20 | 6 | 18 | 6 |
| 75 | 22 | 6 | 18 | 6 |
| 90 | 25 | 6 | 18 | 6 |
| 110 | 30 | 6 | 24 | 8 |

¹⁾ Bei Handschweißung müssen die gefügten Teile entsprechend der Zeitangabe in der Spalte „fixiert“ fixiert gehalten werden. Die Verbindung darf erst nach Ablauf der Abkühlzeit (siehe Spalte „gesamt“) durch die weiteren Verlegearbeiten beansprucht werden.

Die Heizelementtemperatur beträgt 260 ± 10 °C.

SIMONA weltweit

SIMONA AG

Teichweg 16 D-55606 Kirn

Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-211
mail@simona.de
www.simona.de

Business Unit Industrie, Werbung & Hochbau

Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-211
industry@simona.de

Business Unit Rohrleitungsbau

Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-741
pipingsystems@simona.de

Business Unit Maschinenbau & Transporttechnik

Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-211
engineering@simona.de

Business Unit Mobilität, Life Sciences & Umwelttechnik

Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-211
mobility@simona.de

PRODUKTIONSSTANDORTE

Werk I und II

Teichweg 16
D-55606 Kirn
Deutschland
Phone +49 (0) 67 52 14-0
Fax +49 (0) 67 52 14-211

Werk III

Gewerbestraße 1-2
D-77975 Ringsheim
Deutschland
Phone +49 (0) 78 22 436-0
Fax +49 (0) 78 22 436-124

SIMONA Plast-Technik s.r.o.

U Autodílen 23
CZ-43603 Litvinov-Chudeřín
Tschechien

SIMONA ENGINEERING PLASTICS (Guangdong) Co. Ltd.

No. 368 Jinou Road
High & New Technology Industrial
Development Zone
Jiangmen, Guangdong
China 529000

SIMONA AMERICA Inc.

64 N. Conahan Drive
Hazleton, PA 18201
USA

VERTRIEBSSTANDORTE

SIMONA S.A.S. FRANCE

Z.I. 1, rue du Plant Loger
F-95335 Domont Cedex
Phone +33 (0) 1 39 35 49 49
Fax +33 (0) 1 39 91 05 58
mail@simona-fr.com
www.simona-fr.com

SIMONA UK LIMITED

Telford Drive
Brookmead Industrial Park
GB-Stafford ST16 3ST
Phone +44 (0) 1785 222444
Fax +44 (0) 1785 222080
mail@simona-uk.com
www.simona-uk.com

SIMONA AG SCHWEIZ

Industriezone
Bäumlimattstraße 16
CH-4313 Möhlin
Phone +41 (0) 61 855 9070
Fax +41 (0) 61 855 9075
mail@simona-ch.com
www.simona-ch.com

SIMONA S.r.l. ITALIA

Via Padana Superiore 19/B
I-20090 Vimodrone (MI)
Phone +39 02 25 08 51
Fax +39 02 25 08 520
mail@simona-it.com
www.simona-it.com

SIMONA IBERICA

SEMIELABORADOS S.L.
Doctor Josep Castells, 26-30
Polígono Industrial Fonollar
E-08830 Sant Boi de Llobregat
Phone +34 93 635 4103
Fax +34 93 630 88 90
mail@simona-es.com
www.simona-es.com

SIMONA-PLASTICS CZ, s.r.o.

Zděbradská ul. 70
CZ-25101 Říčany-Jažlovice
Phone +420 323 63 78 3-7/-8/-9
Fax +420 323 63 78 48
mail@simona-cz.com
www.simona-cz.com

SIMONA POLSKA Sp. z o.o.

ul. H. Kamieńskiego 201-219
PL-51-126 Wrocław
Phone +48 (0) 71 3 52 80 20
Fax +48 (0) 71 3 52 81 40
biuro@simona.pl
www.simona-pl.com

OOO „SIMONA RUS“

Prospekt Andropova, 18, Bl. 6
115432 Moskau
Russische Föderation
Phone +7 (499) 683 00 41
Fax +7 (499) 683 00 42
mail@simona-ru.com
www.simona-ru.com

SIMONA FAR EAST LIMITED

Room 501, 5/F
CCT Telecom Building
11 Wo Shing Street
Fo Tan
Hongkong
Phone +852 29 47 01 93
Fax +852 29 47 01 98
sales@simona.com.hk

SIMONA ENGINEERING PLASTICS TRADING (Shanghai) Co. Ltd.

Room C, 19/F, Block A
Jia Fa Mansion
129 Da Tian Road, Jing An District
Shanghai
China 200041
Phone +86 21 6267 0881
Fax +86 21 6267 0885
shanghai@simona.com.cn

SIMONA AMERICA Inc.

64 N. Conahan Drive
Hazleton, PA 18201
USA
Phone +1 866 501 2992
Fax +1 800 522 4857
mail@simona-america.com
www.simona-america.com