

work.info

Soudage

Novembre 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.

Table des matières

1	Préface	5
----------	----------------	---

2	Soudage à air chaud	6
2.1	Lieu de travail	6
2.2	Préparation de la soudure	6
2.3	Procédé	6
2.4	Défauts de soudure	8
2.5	Finition des cordons de soudure	9
2.6	Soudabilité des différents types de matières	9

3	Soudage par élément chauffant	10
3.1	Soudage par pliage	11
3.2	Soudage par polyfusion pour tubes et raccords	13
3.3	Soudage par emboîtement	17

4	Soudage par filament	18
4.1	Procédé	18
4.2	Préparation de la soudure	18
4.3	Procédé de soudage	18

5	Soudage par friction	19
5.1	Principes des bases	19
5.2	Préparation de la soudure	19
5.3	Procédé de soudage	19

6	Soudage par extrusion	21
6.1	Préparation	21
6.2	Température	21
6.3	Influence de l'humidité	22
6.4	Appareil	23
6.5	Finitions des cordons de soudure	24
6.6	Comment éviter la formation de cavités	24
6.7	Formes de cordons	25
6.8	Facteurs d'influence pour soudage par extrusion inpeccable	26

Table des matières

7	Essai de résistance du cordon de soudure	27
7.1	Test manuel	27
7.2	Facteur de soudage (essai de traction)	27
7.3	Essai de pliage	28

8	Assemblages soudés	31
8.1	Structure d'assemblages soudés	31
8.2	Position des fils de soudure	32
8.3	Tensions	34

9	Conseils	36
----------	-----------------	----

10	Normes et données de base	37
10.1	Fiches techniques DVS	37
10.2	Normes DIN	38
10.3	VDI-Directives	38
10.4	KRV-Directives	38

11	Annexes	39
	Soudage à air chaud	41
	Polyfusion bout-à-bout des plaques	42
	Polyfusion bout-à-bout des tubes	48
	Soudage par emboîtement	52

SIMONA dans le monde entier

1 Préface

Sous l'appellation « soudure thermoplastique » on entend la liaison indestructible des matières thermoplastiques sous utilisation à chaud et en pression, avec ou sans apport de matière. Ce terme ne couvre pas les procédés décrits de façon ambiguë par soudage à froid ou par gonflement car il s'agit là d'attaquer la surface avec un solvant et de la coller.

Tous les phénomènes de soudage ont lieu au niveau des zones à assembler lorsque la matière est à l'état plastique. Les molécules filiformes des parties à souder pressées les unes sur les autres s'assemblent et s'entrecroisent et conduisent à une liaison homogène.

Par principe, seuls les matériaux de même nature avec un poids moléculaire similaire (avoisinant) et une même densité, par exemple du PP avec du PP, peuvent être soudés, et à cette occasion la différence de couleur est sans importance.

Une exception à cela, la possibilité d'une liaison correcte entre du PVC rigide et du verre acrylique (PMMA).

2 Soudage à air chaud

(voir DVS 2207-3)

2.1 Lieu de travail

Pour un équipement de poste de soudure, il est nécessaire d'avoir des machines à souder à air chaud avec des buses (buses rapides en diamètre 3, 4 et 5 mm, des buses pour soudage manuelle au gaz chaud et des buses de pointage, des buses pour des profilés), des thermomètres, des débitmètres d'air, des séparateurs d'huile et des purgeurs. Un indicateur de température ou une station de mesure de la température munie d'une sonde, est jugé comme favorable car ce thermomètre se laisse glisser dans la buse. La mesure exacte de la température (voir tableau page 40) – 5 mm dans la buse – est une des conditions préalables pour une soudure exacte avec un haut facteur de soudage (voir page 27).

2.2 Préparation de la soudure

Les formes de joint les plus importantes sont des joints DV-(X) et des joints en V ainsi que la soudure d'angle pour les plaques à souder à angle droit. Les plaques doivent être alignées de façon impeccable et chanfreinées à 30°. Il est nécessaire de raboter, ajuster, fraiser, mesurer, gratter.

Le joint le plus couramment utilisé est la soudure en X que l'on soude des 2 côtés alternant pour éviter une déformation des contraintes thermiques. Pour les plaques minces et dans une réalisation où l'on ne peut souder que d'un seul côté, on conseille le joint en V. Il ne faut pas renoncer au nettoyage par enlèvement de copeaux de la surface à souder de la plaque et du fil.

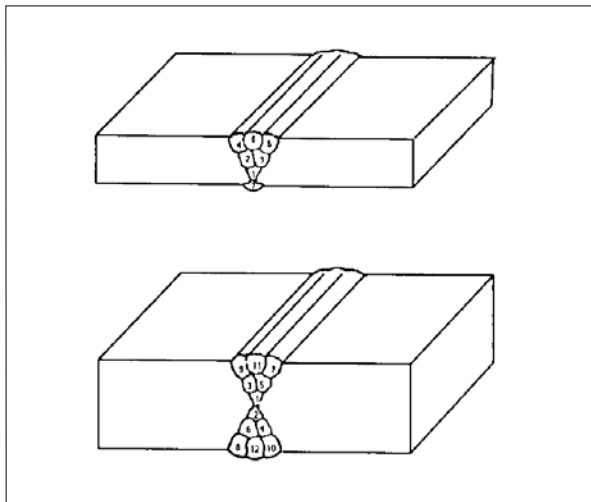
Des salissures, de la graisse, la sueur de la main, des couches oxydées doivent être éliminées pour l'obtention d'un facteur de soudage élevé. Un nettoyage avec des solvants ne suffit pas.

2.3 Procédé

Des valeurs optimales ne sont obtenues que si la matière de base et le fil sont des plastiques homogènes. Les appareils sont contrôlés et le cas échéant réglés de nouveau dans des intervalles de température et de quantité d'air.

Avant d'appliquer le fil de soudure, le point de départ sera préchauffé, jusqu'à l'obtention d'une surface mate. Avant chaque nouvelle passe de soudure, le bourrelet de soudure et les couches oxydées dont la formation est accélérée à température élevée seront grattés avec des outils appropriés.

Il est important de réduire l'étirage et que chaque soudure se refroidisse à l'air avant d'effectuer une nouvelle soudure. Lors de la préparation des plaques épaisses avec un procédé de soudure en X, il faudra retourner la plaque après chaque passage de soudure afin que les cordons soient successifs et dans leur ordre chronologique. Lors du soudage, il faut observer une largeur constante de la zone chauffée sur les 2 côtés du joint d'une largeur d'environ 5–8 mm. Pour une bonne liaison des plaques entre elles, il est important d'obtenir un double bourrelet, afin que les 2 parties soient fondues dans leur zone plastique. Les chaînes moléculaires se réunissent et un double bourrelet se produit.



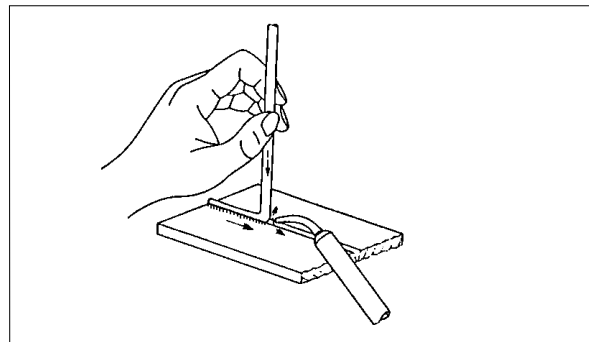
Les formes les plus importantes de zones de soudure lors du soudage à air chaud

Exemples d'ensemble de cordon de soudure

épaisseur mm	fil de soudure quantité x diamètre (mm)
joint en V	
2	1 x 4
3	3 x 3
4	1 x 3 et 2 x 4
5	6 x 3
joint DV (joint X)	
4	2 (1 x 4)
5	2 (3 x 3)
6	2 (3 x 3)
8	2 (1 x 3 et 2 x 4)
10	2 (6 x 3)

Utilisation de la buse ronde

Ce procédé demande plus d'habileté manuelle et de doigté qu'un travail avec une buse rapide (voir à droite). Le fil devrait être tenu à angle droit, pour éviter des fissures transversales (à angle aigu) et des déformations (à angle obtus).



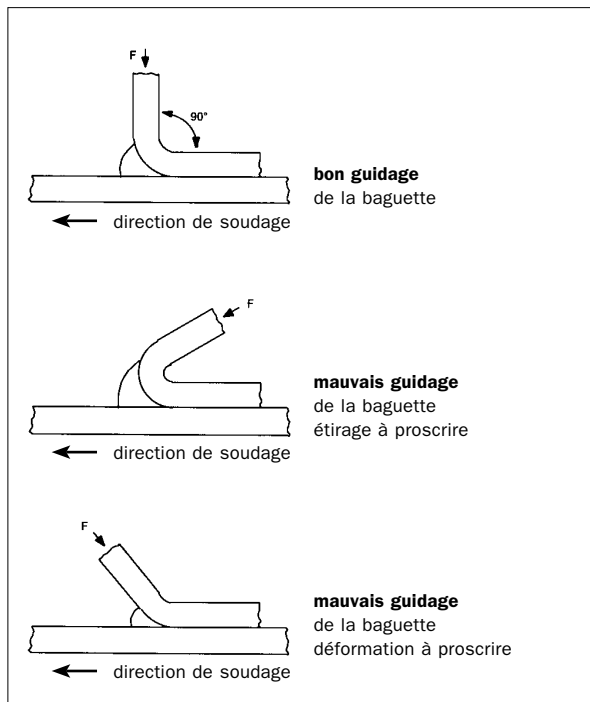
Soudage à la main au gaz chaud avec une baguette de soudure

Utilisation de la buse rapide

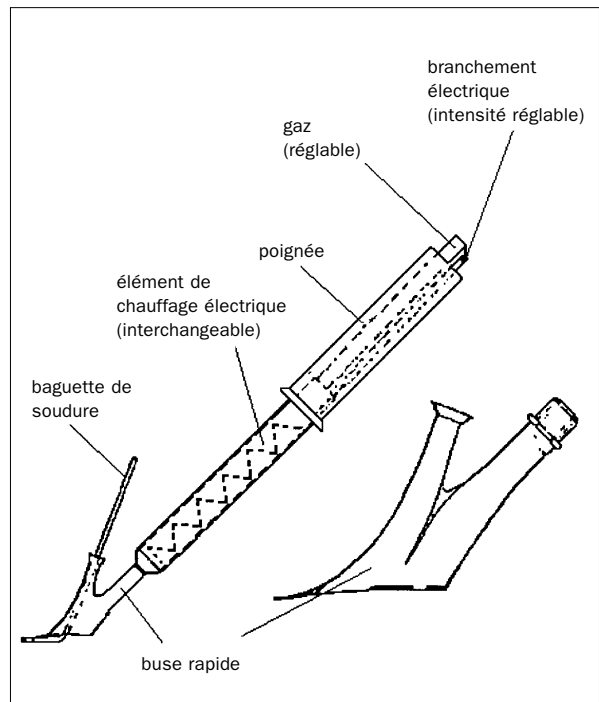
Le soudage avec une buse rapide permet par comparaison avec une buse ronde de doubler la vitesse de soudage et apporte une grande sécurité. Des buses spéciales seront utilisées, dans lesquelles le fil sera introduit et préchauffé. La sortie d'air à l'arrière de la buse est étroite et chauffe la plaque seulement à l'endroit où la soudure est appliquée. Pour les différents fils et en rapport avec les diamètres et leurs formes, il existe des buses correspondantes.

Utilisation de la buse de pointage

Le soudage avec la buse de pointage sert à la fixation des parties à souder. Grâce à cela, la fusion sera entreprise avec l'air chaud, mais sans ajout de fil. La buse de pointage est à utiliser absolument avec des assemblages en V, pour garantir une liaison impeccable des zones profondes et exclure un effet d'entaille lors du pliage. On peut également recommander l'emploi de la buse de pointage, si par exemple la forme extérieure d'une pièce finie est à raccorder ou à fixer.



Principe de soudage manuel au gaz chaud (WF): Guidage de la baguette de soudure avec la buse ronde



Buse rapide

2.4 Défauts de soudure

- La plaque et le fil n'ont pas été chauffés uniformément (les zones chauffées à gauche et à droite du cordon de soudure ne sont pas chauffées uniformément).
- Température et quantité d'air ne concordent pas.
- La plaque et le fil ne sont pas suffisamment nettoyés.
- L'air n'est pas sans eau, sans huile, et sans poussière.
- Le fond du chanfrein en V n'est pas soudé complet.
- A l'intérieur de la zone de joints de soudure se sont formées des bulles d'air.
- Le volume du fil n'est pas assez important pour éviter des entailles dans la zone des joints de soudure.
- Mauvaise orientation de la plaque.
- Soudé trop rapidement : le cordon de soudure est resté rond et pas suffisamment déformé ; de cette façon, il n'y a pas de liaison ou elle est incomplète.
- Il se produit une détérioration thermique due à des hautes températures de soudage. L'avantage supposé d'un soudage plus rapide entraîne la détérioration par la chaleur des chaînes moléculaires, et par conséquent, en extrême cas, les longues chaînes de molécules sont réduites à de simples monomères. Ceci est valable en particulier pour le PE et le PP.

2.5 Finition des cordons de soudure

En règle générale, le joint de soudure reste à l'état brut. Il peut cependant être supprimé par arasement, fraisé, rectifié ou limé, il faut donc faire attention à ce qu'il ne se produise pas d'entailles. Après passage répété avec du papier-émeri au grain plus fin, on peut également polir des cordons de soudure (par ex. PVC, PETG).

Les tableaux avec les valeurs indicatives pour le soudage à air chaud se trouvent à la page 40.

2.6 Soudabilité des différents types de matières

Par principe, on ne peut assembler par soudage que des matériaux de même nature, par exemple du PP avec du PP, avec un poids moléculaire similaire (avoisinant) et une même densité, et à cette occasion la différence de couleur n'a pas d'importance. Cela signifie pratiquement que certains matériaux pourront être soudés avec une sécurité suffisante, principalement à l'intérieur de deux groupes d'indice de fluidité avoisinants. Les groupes d'indice de fluidité des matériaux sont extraits des indications sur les matériaux selon DIN EN ISO 1872 partie 1 (PE) et DIN EN ISO 1873 partie 1 (PP). Les valeurs de MFR essentielles sont à extraire des indications des matériaux correspondants.

Une exception à cela, la possibilité d'une liaison correcte entre du PVC rigide et du verre acrylique (PMMA) ou du SIMOLUX (PETG).

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

Les éléments de tuyauterie et les plaques avec MFR 0,3–1,7 et MFR 0,2–0,7 peuvent être soudés ensemble. Cela signifie que la viscosité au moment de la fusion, c'est-à-dire le comportement du matériau, est très semblable pendant le temps de chauffage. Cette information se trouve dans les DVS 2207 partie 1 et a été confirmée par une publication du DVGW (Association allemande pour le Gaz et l'Eau).

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

La soudabilité est indiquée par le groupe de l'indice de fluidité 006/012 (MFR 190/5 : 0,4–1,0 g/10 min). Cette information est indiquée dans les DVS 2207 partie 11.

PVDF

Il existe 2 types de PVDF fabriqués par des procédés de polymérisation différents, le PVDF en émulsion et le PVDF en suspension. Sans entrer dans les détails, il faut retenir que les produits semi-ouvrés obtenus par ces 2 procédés peuvent être soudés en formant une très bonne liaison.

La Directive DVS 2207 partie 15 traite non seulement de la polyfusion bout-à-bout par élément chauffant mais également du soudage par emboîtement des tubes extrudés, des raccords injectés et des plaques.

3 Soudage par élément chauffant

Le chauffage a lieu au moyen d'un élément de chauffage revêtu (PTFE). Le transfert de chaleur est beaucoup plus intensif en raison du contact direct que lors du soudage à air chaud ; la répartition de chaleur au-dessus de la coupe transversale de la matière est meilleure, aucune zone de matière ne subira un apport de chaleur plus important que celui nécessaire pour le soudage. De cette façon, on obtient des liaisons pauvres en tension. Ainsi le soudage par élément chauffant a lieu lorsque les surfaces de contact chauffées sont réunies avec une pression spécifique et refroidies sous pression. Les appareils modernes sont équipés avec des saisies de données réalisées suivant un protocole de soudage.

Pour une bonne qualité de soudure, les points suivants sont déterminants (voir page 11).

a. Préparation du cordon de soudure

La propreté des parties à souder et de l'élément chauffant est une exigence primordiale et très importante lors du soudage par élément chauffant. Des feuilles de Teflon ou revêtement de Teflon facilitent le nettoyage des surfaces chauffantes et empêchent par un chauffage léger le collage de la matière à l'élément chauffant. Ceci est particulièrement nécessaire pour le soudage du PVC.

b. Température de l'élément chauffant

En règle générale, des températures plus faibles – selon les tolérances (voir pages 42 à 51) – seront appliquées pour des produits semi-ouvrés de plus forte épaisseur en rapport avec une durée plus longue.

c. Temps d'ajustement

Les surfaces à souder seront présentées et alignées de façon impeccable et seront maintenues selon des pressions indiquées d'après les tableaux sur l'outil chauffant, jusqu'à ce qu'un bourrelet continu (voir pages 42 à 51) de la matière en fusion se produise.

d. Temps de chauffe

Dans les parties successives de la durée totale du cycle, pour obtenir un flux de chaleur le plus régulier possible dans la matière, la pression de chauffage est réduite linéairement à zéro. Une différence brutale de température entre matière plastifiée et non plastifiée sera évitée. Les tensions seront ainsi réduites.

e. Temps de transfert

Pour un soudage avec un haut facteur de soudage (voir chapitre Facteur de soudage page 27), la rapidité de liaison des pièces à souder est déterminante. Ceci est valable particulièrement pour le PVC et les matériaux réfractaires.

f. Temps d'assemblage

Dans le temps d'assemblage, c'est-à-dire dans le temps jusqu'à une complète montée en pression, la pression s'élève lentement et progressivement. Si le matériau, à l'état plastique très chaud, était expulsé en dehors de la zone de soudure lors de la mise brutale en pression d'ajustement, ceci occasionnerait une mauvaise soudure.

g. Pression du joint et temps de refroidissement

La pression du joint et le temps de refroidissement dépendent de la nature du matériau et de l'épaisseur. La résistance totale de la zone de soudure est atteinte après refroidissement à température ambiante sous pression d'ajustement. La pièce peut être enlevée de la machine. **Ne pas refroidir avec l'eau ou de l'air (tension).**

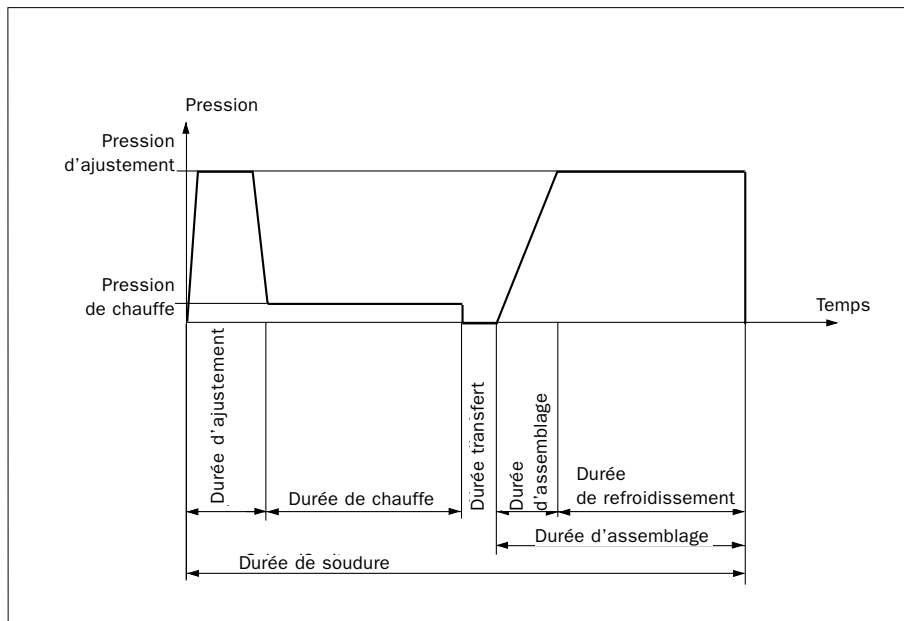


Diagramme temps/pression ; opérations de base pour polyfusion bout-à-bout

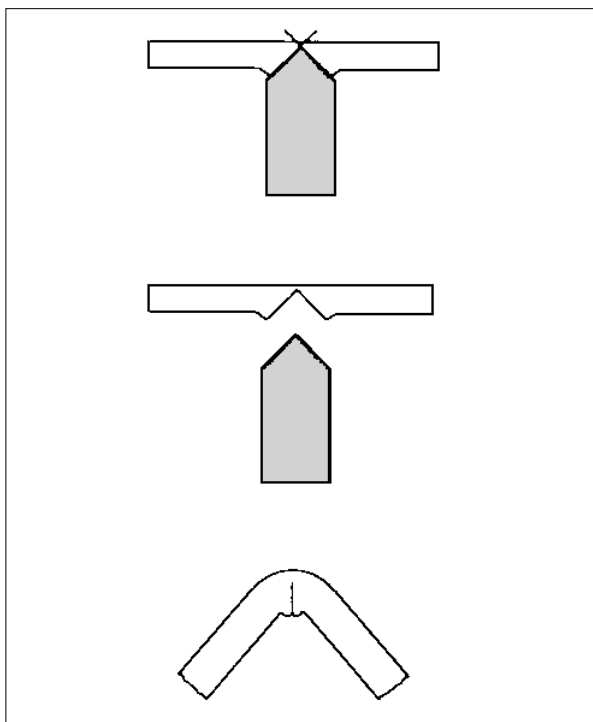
3.1 Soudage par pliage

(voir aussi DVS 2207-14)

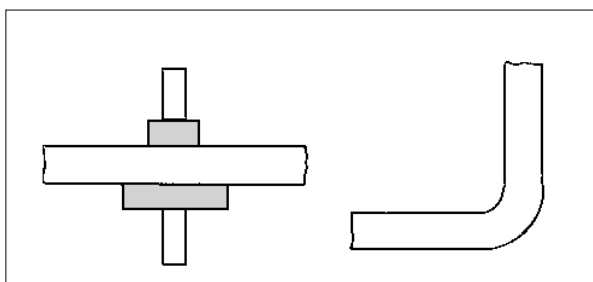
Ce procédé combiné (voir illustration à la page 12) est une variante du procédé de polyfusion bout-à-bout. Le tranchant de l'élément chauffant sera pressé dans la matière fondue. Pour des plaques de plus grosses épaisseurs, on peut avant la fusion, fraiser ou scier une petite rainure (env. 0,5 x l'épaisseur de la plaque) et ainsi économiser un temps de chauffe et ne pas exposer la matière trop longtemps à la chaleur. Quand l'épaisseur de matière requise est fondue (2/3 jusqu'à 3/4 de l'épaisseur de la plaque), une telle quantité de chaleur du chauffage de l'élément chauffant a pénétré dans la plaque, si bien qu'on obtient une véritable déformation à chaud de l'extérieur de la plaque lors du pliage. En règle générale, les angles de la lame sont biseautés à 80–86°, si bien qu'une arête impeccable à 90° est garantie. Pour le pliage en angle obtus, il faut utiliser un tranchant avec des lames bien affûtées.

Après refroidissement, on repère souvent sur de longs profilés chanfreinés un cintrage caractéristique. Outre la dilatation longitudinale, il faut particulièrement tenir compte des tensions de retrait dues au refroidissement dans la zone de soudure, qui seront encore renforcées par des contraintes internes lors de la fabrication du demi-produit. Les côtés latéraux étroits ont une plus grande dilatation, les côtés larges et plus rigides ont une dilatation moins importante. Il est conseillé de chauffer le dos des plaques d'une épaisseur plus importante (d'environ 6 mm) avec une 2^{ème} lame chauffante (largeur de la lame chauffante min. 2 fois l'épaisseur de la plaque) ou avec de l'air chaud, afin d'éviter des tensions indésirables. Chanfreiner à travers le sens de l'extrusion montre clairement moins de courbure et déformation.

En outre, nous vous conseillons d'ébaucher à partir d'une plaque de 10 mm, avant le procédé de soudage, un chanfrein en V d'environ 50 pour cent de l'épaisseur de la plaque par enlèvement de copeaux. Ce chanfrein devrait être prévu, pour éviter des bavures latérales trop importantes. De plus, le temps de soudage sera réduit par une plus faible durée de préchauffage.



Soudage avec chanfrein



Pliage

Valeurs indicatives pour soudage par pliage à la règle chauffante sur machine Wegener p. ex. BV 300

	température °C		temps s par mm d'épaisseur
	au dessus	en dessous	

chanfrein

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

cintrage

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

Procédés de soudage :

Dans le cas d'assemblages difficiles de tubes et raccords SIMONA, nous vous conseillons les techniques décrites ci-après :

- Polyfusion bout-à-bout par élément chauffant (voir page 13)
- Soudage par emboîtement (voir page 17)
- Soudage par filament (raccords électro-soudables) (voir page 18)

Voir aussi les directives DVS

- 2207-1 pour PE
- 2207-11 pour PP et
- 2207-15 pour PVDF

3.2 Soudage par polyfusion pour tubes et raccords

(voir DVS 2207-1, 11 et 15 et illustration page 14)

Généralités pour la polyfusion bout-à-bout, par le soudage par emboîtement et par filament (raccords électro-soudables).

Les parties à souder doivent être protégées des éléments naturels néfastes tels que : humidité, vent, forte exposition au soleil et températures négatives au dessous +5 °C. Lors d'exposition aux rayons solaires de tubes à température différente, il faudrait rééquilibrer la température de paroi des tubes en recouvrant la zone de polyfusion des tubes pendant un temps suffisant.

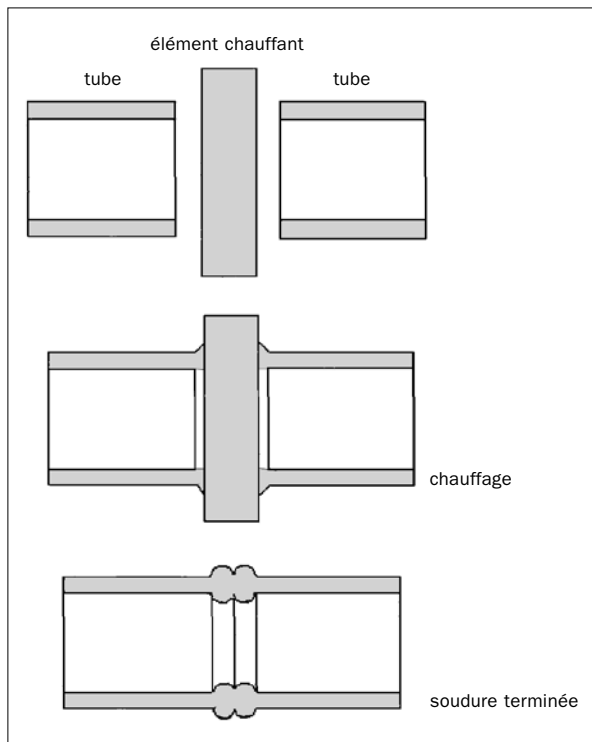
Lorsque les conditions appropriées de

- préchauffage
- couverture
- chauffage

sont assurées afin de maintenir une température de soudage suffisante et régulière des parois des tubes, on peut alors travailler à toute température extérieure. Respecter la courbe du point de condensation. Les pièces à raccorder doivent présenter un niveau de température identique. Confectionner et contrôler des soudures témoins.

Les parties à assembler doivent être propres. Le nettoyage doit être fait juste avant le soudage, idem pour l'élément chauffant qui doit être nettoyé avec un agent nettoyant PE et un papier non fibreux. Pour éviter un collage du tube sur l'élément chauffant, c'est à dire faciliter le décollement du tube, la partie métallique doit être téflonée. Pour éviter un refroidissement par introduction du vent en bout de tubes pendant le soudage, on doit procéder à un bouchage des extrémités.

Avant la polyfusion, les parois frontales des tubes sont portées à la température de soudage au moyen de l'élément chauffant et les surfaces ainsi plastifiées sont, après enlèvement de l'élément chauffant, assemblées sous pression.



Principe de polyfusion bout-à-bout par élément chauffant (miroir)

Préparation de la soudure

Les parties de la tuyauterie à assembler doivent être alignées dans l'axe avant d'être fixées dans la machine à souder. La pièce à souder doit être maintenue mobile dans le sens longitudinal par un dispositif approprié (par exemple supports à rouleaux réglables).

Les surfaces à souder doivent être rabotées par enlèvement de copeaux après avoir été bloquées. L'épaisseur des copeaux sera $\leq 0,2$ mm. Les copeaux tombés dans le tube seront enlevés à l'aide d'un outil propre. En aucun cas, il ne faut toucher à la main les surfaces usinées pour la soudure.

Après l'usinage, il faut vérifier le parallélisme des plans. L'espace résiduel ne doit pas dépasser la valeur indiquée au tableau (page 15). En même temps, on doit vérifier que le décalage des extrémités des tubes est inférieur à 10 pour cent de l'épaisseur de la paroi des tubes.

Décalage maximum entre les soudures usinées

diamètre extérieur des tubes d mm	décalage maximum a mm
≤ 355	0,5
400 – < 630	1,0
630 – < 800	1,3
800 – ≤ 1000	1,5
> 1000	2,0

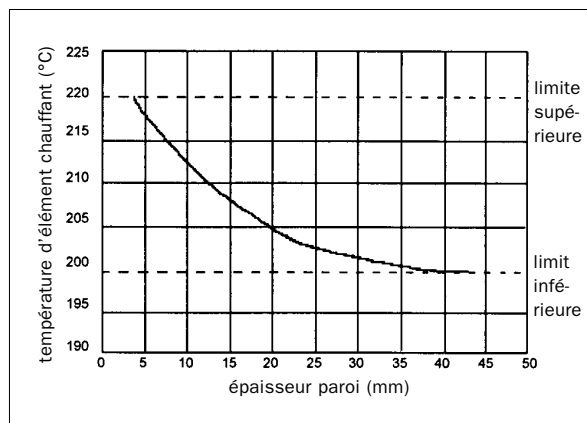
Opération de soudage au miroir

L'élément chauffant porté à la température de soudage (valeurs pour PE 63/PE 80 voir figure à droite ; dans la pratique, les producteurs de machines à souder recommandent pour le PE 100 indépendamment de l'épaisseur 220 °C) est appliqué entre les parties à souder et les surfaces à assembler et pressé à l'élément chauffant avec une pression équilibrée. Pour le PVDF, la température correcte est de $240 \pm 8^\circ\text{C}$, pour le PP $210 \pm 10^\circ\text{C}$.

On contrôle la température de surface de l'élément chauffant à l'aide d'un appareil de mesure de température de surface, à cas échéant avec pâte thermique, resp. une thermomètre I.R.

La force nécessaire à l'ajustement ou l'assemblage se calcule à partir de la surface à souder et la pression spécifique. En règle générale, les constructeurs de machines à souder indiquent ces valeurs sous forme de tableaux puisque la plupart des appareils ne fonctionnent pas par mesure de la force, mais par un système hydraulique ou pneumatique. A cette pression indiquée, il faut ajouter la pression nécessaire au déplacement de la partie mobile de l'appareil. Cette pression est fonction du frottement des pièces de la machine et des poids des parties à souder.

L'ajustement n'est terminé que lorsqu'un bourrelet s'est formé sur toute la circonférence des deux pièces



Température de soudage en PE-HD
(PE 63/PE 80) (voir DVS 2207-1)

à souder, suivant les tableaux (voir pages 42 à 51). Pendant le temps de montée en température qui commence alors, la pression d'ajustement est ramenée à une valeur voisine de zéro.

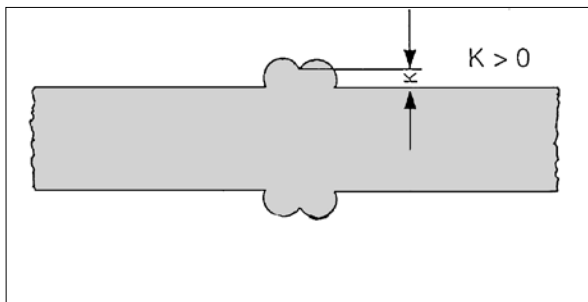
Après la montée en température, les surfaces à assembler doivent être détachées de l'élément chauffant sans être endommagées, ni salies. Le temps nécessaire à détacher les surfaces à assembler, à retirer l'élément chauffant et la mise en contact des surfaces à assembler est désigné par le terme de « temps de transfert » et doit être maintenu aussi court que possible.

Les surfaces à souder doivent entrer en contact avec une vitesse voisine de zéro. Puis la pression sera lentement augmentée (voir les temps aux tableaux, en pages 42 à 51) et maintenue jusqu'au refroidissement total. Les valeurs de pression d'assemblage données dans les tableaux peuvent différer par suite d'une considération différente de la pression du mouvement de la machine pour les plaques ou les tubes.

Le refroidissement de la zone de soudure et l'utilisation de réfrigérants est à proscrire.

Pour les épaisseurs assez importantes de paroi – par exemple à partir de 20 mm –, le recouvrement de la zone de soudage pendant le temps de refroidissement permet d'obtenir un refroidissement homogène, ce qui améliore la qualité de la soudure. Après l'assemblage, un double bourrelet doit être présent sur toute la circonférence (voir figure ci-dessous).

Si l'élimination du bourrelet était exigée, elle devrait être entreprise de préférence avant le refroidissement total – après env. 2/3 du temps de refroidissement – de celui-ci. Il peut y avoir un danger que des entailles apparaissent par enlèvement des copeaux du bourrelet froid. Pour les matériaux durs tel que le PVDF ou PP-H, il peut y avoir des creux dans la matière.



Formation d'un bourrelet lors de la polyfusion bout-à-bout par élément chauffant (miroir)

3.3 Soudage par emboîtement

(voir DVS 2207-1, -11 et -15)

Principes de base

Les parties de tubes et de tuyauterie sont soudées par recouvrement. A l'aide d'un élément chauffant présentant la forme d'un manchon et d'une tubulure, les deux surfaces sont portées à la température de soudage, puis assemblées. L'extrémité du tube, l'élément chauffant et les manchons sont dimensionnés de manière à établir une pression au moment de l'assemblage.

Pour les diamètres des tubes

- ≥ 63 mm PE-HD et PP
- ≥ 50 mm PVDF

un dispositif de soudage approprié doit être utilisé.

Préparation de la soudure

La surface à assembler du tube doit être traitée par enlèvement de copeaux avec un outil de rabotage ou un grattoir. Dans ce cas, les éléments de chauffage utilisés sont d'après le DVS 2208, partie 1 (tableaux 7 et 8). Le raccord doit être soigneusement nettoyé à l'intérieur à l'aide d'un agent nettoyant (exemple : nettoyeur Tangit, Henkel) et de papier absorbant ne formant pas de fibres.

L'extrémité du tube devra être chanfreinée à l'extérieur, angle 15°.

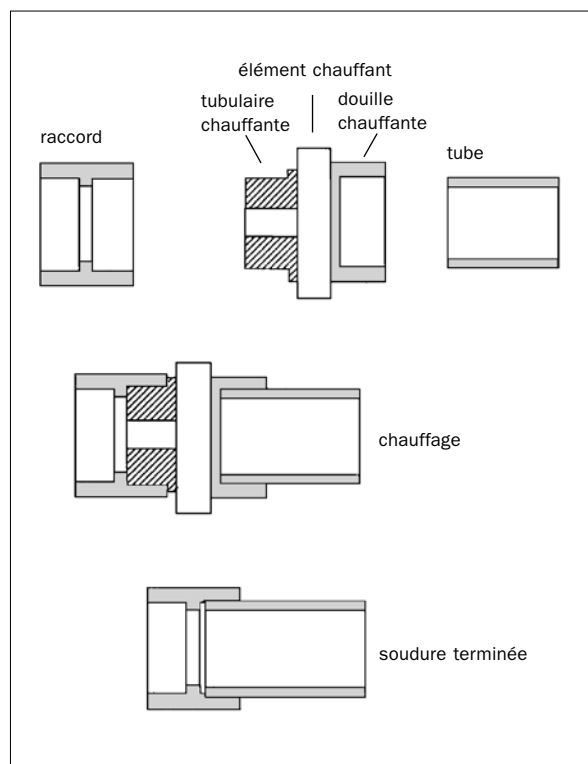
- sur 2 mm de large pour les diamètres jusqu'à 50 mm,
- sur 3 mm pour les diamètres plus grands.

Lors d'un soudage manuel, la longueur de pénétration du tube dans le raccord sera définie par une butée sur l'appareil.

Procédé de soudage

Les outils de soudage sont portés à une température de $260^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. La température de contrôle est obtenue par un appareil de mesure de température de surface ou de I.R. Lors du chauffage, le raccord sera poussé jusqu'à une butée et ensuite, le tube jusqu'au repère, ce qui correspond au trait dans le raccord. Les parties à souder devront être chauffées suivant les indications de temps des tableaux (pages 52 et 53).

A la fin du temps de chauffage, le raccord et le tube doivent être séparés par un mouvement brusque de l'élément chauffant, puis être assemblés par poussée sans rotation et inclinaison jusqu'au repère. Les parties assemblées doivent rester fixées pendant une durée à peu près égale à celle du temps de chauffe (voir le tableau page 52 et 53).



Principe de soudage par emboîtement

4 Soudage par filament

(voir DVS 2207-1 et -11)

4.1 Principes de bases

Les surfaces à assembler, c'est-à-dire la surface du tube et la face intérieure du manchon sont chauffées par un courant électrique à la température de soudage à l'aide d'une résistance (filament) placée dans le manchon. Ce procédé est utilisable actuellement pour le PE-HD et le PP.

4.2 Préparation de la soudure

Pour un soudage irréprochable par la technique du soudage par filament, la propreté des surfaces est d'une importance capitale. La surface des tubes doit être passée au grattoir ou racloir de rotation dans la zone à souder. Le bord intérieur doit être ébavuré et le bord extérieur arrondi comme indiqué sur la figure à droite.

A l'intérieur, le raccord doit être nettoyé soigneusement à l'aide d'un agent de nettoyage (exemple : nettoyeur Tangit, Henkel) et de papier absorbant ne formant pas de fibres.

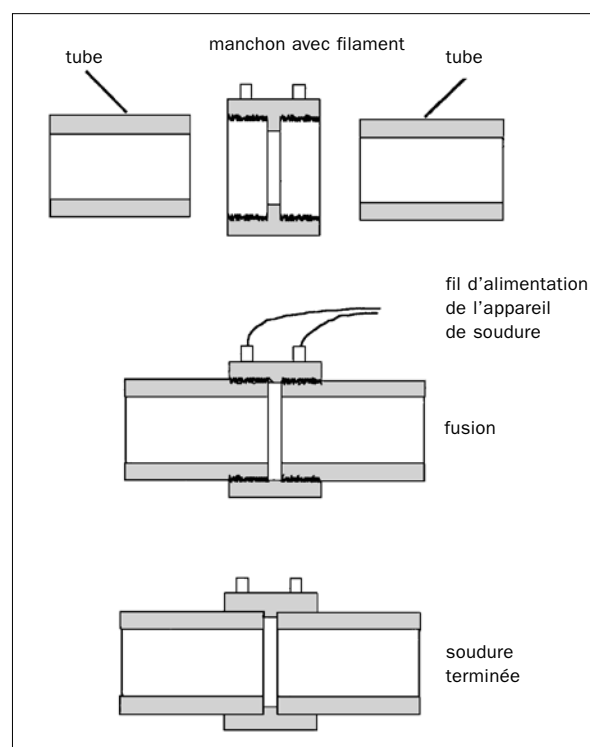
L'ovalisation du tube ne doit pas dépasser 1,5 pour cent du diamètre extérieur – max. 3 mm – dans la zone à souder. Au besoin, utiliser des mâchoires de serrage.

Lors de la mise en place du raccord, il faut veiller à ce que les parties ne soient ni introduites en forçant, ni bloquées, ce qui pourrait entraîner une détérioration des filaments.

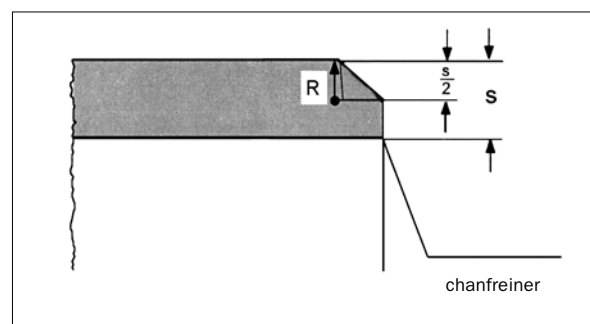
4.3 Procédé de soudage

Seul un appareil à souder ajusté aux raccords pourra être utilisé. Les valeurs sont réglées avant le soudage selon le diamètre et la pression nominale du tube sur

l'appareil de soudure. Par le câble à souder, l'appareil est relié au raccord. La soudure elle-même se déroule automatiquement. Un protocole de soudage des appareils modernes est établi. L'assemblage peut être bougé seulement après refroidissement.



Principe de soudage par filament (raccords électro-soudables)



Préparation de l'extrémité des tubes

5 Soudage par friction

5.1 Procédé

Lors du soudage par friction, l'énergie de chaleur dégagée par le frottement des pièces à souder sera produite sans apport d'énergie de chaleur, de préférence sans additif de matière aux surfaces à assembler dans le bourrelet et soudées sous pression.

Un morceau de matière sera mis en mouvement rotatif contre une partie fixe et à cette occasion, les surfaces à assembler en rotation symétrique peuvent être des surfaces extérieures ou des surfaces de circonférence.

5.2 Préparation de la soudure

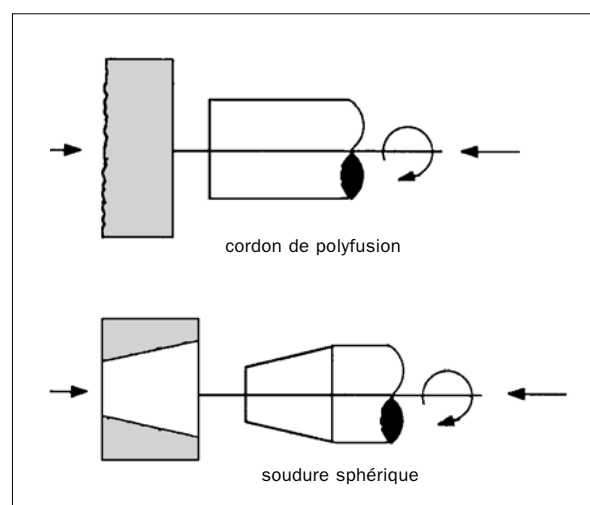
Les surfaces à assembler des parties à souder doivent être nettoyées de toute impureté. Des produits nettoyants qui ont un effet de solvant ou de gonflement sur le matériau ne doivent pas être utilisés.

Pour la réussite de la soudure, la configuration géométrique des surfaces à assembler est importante. Par rapprochement des pièces d'un diamètre de 30 à 40 mm, les surfaces à assembler seront rabotées, tandis que les pièces avec un diamètre supérieur à 40 mm sont formées de façon convexe par enlèvement des copeaux.

Les parties à paroi mince (tubes) sont à soutenir dans la zone des surfaces à souder de manière appropriée.

5.3 Procédé de soudage

Les pièces à usiner seront encastrées dans un dispositif de retenue (voir page 20), ensuite la pièce à usiner sera mise en mouvement de façon rotative contre l'autre partie, fixe. Après avoir atteint la température de soudage – le moment exact est reconnaissable, lorsqu'il y a un dégagement de matière plastifié tout autour du périmètre – le dispositif de verrouillage de la pièce à usiner fixe sera desserré et, par suite, le mouvement rotatif des 2 pièces à usiner l'une contre l'autre se déroulera aussi vite que possible. La pression d'assemblage sera maintenue jusqu'au refroidissement.



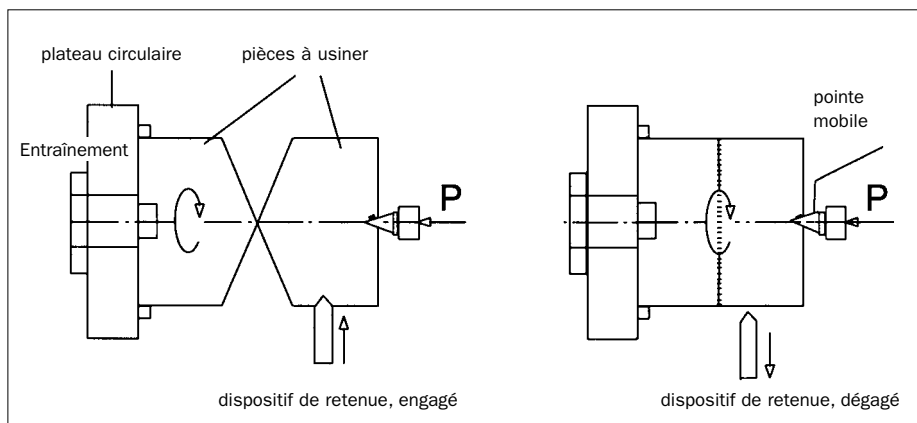
Soudure du cordon

Les valeurs d'influence essentielles pour le soudage par frottement sont :

- Pression de chauffage : pression avec laquelle les surfaces à assembler sont mises en pression l'une contre l'autre pendant le mouvement rotatif
- Temps de chauffage : temps pendant lequel la pression de chauffage est exercée
- Pression d'assemblage : pression pour assemblage des parties à souder
- Temps d'assemblage : temps écoulé pendant la pression d'assemblage

Dépendant du diamètre de la surface de soudage, on travaille en pratique avec des vitesses périphériques d'environ 1–4 m/s. Les conditions de soudage de la matière, de la pièce à usiner sont dépendantes les unes des autres (ex. la vitesse de frottement, la pression de chauffage et la pression d'assemblage). Le soudeur doit procéder à des essais préliminaires selon le cas d'application.

La pression de chauffage (pression de frottement) et la pression d'assemblage (pression de soudage) s'élèvent pour les polyoléfines et le PVC-U à environ 0,5–1,5 N/mm². Il faut veiller à garder la pression de frottement assez basse pour éviter que la matière à l'état plastique ne soit propulsée par les joints.



Principe du soudage par frottement

à gauche : préparation de la soudure ; à droite : soudage terminé

6 Soudage par extrusion

(voir DVS 2207-4)

Le soudage par extrusion sera utilisé entre autre pour assembler des parties à paroi épaisse. Ce sera soudé avec apport de matière de soudage. Ce procédé ne peut être employé pour le PVC que sous certaines conditions. Il faut utiliser des vis d'extrusion spéciales pour le PVDF. Le cas échéant s'entretenir avec le fabricant de l'extrudeuse pour l'emploi de PVC et PVDF.

6.1 Préparation

Les surfaces à assembler et les zones avoisinantes doivent être grattées juste avant le soudage. De même pour les surfaces endommagées (en particulier par des influences atmosphériques et produits chimiques) qui doivent être grattées mécaniquement jusqu'à la matière d'origine. Il ne faut surtout pas utiliser des produits de nettoyage (par exemple acétone) attaquant ou transformant les surfaces des matières plastiques.

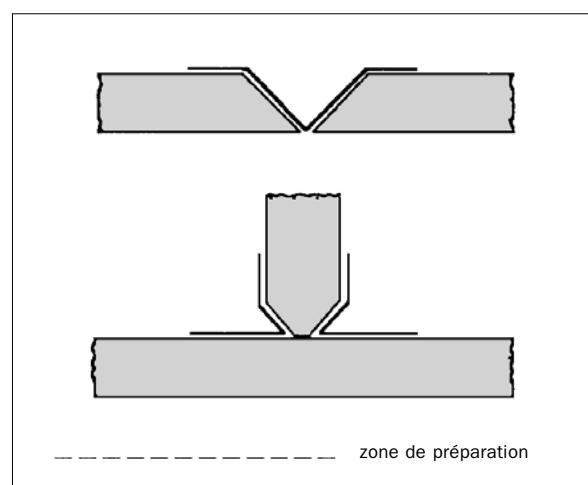
Exemple :

Matériau PP, épaisseur 10 mm, joint en V 60°– 80°, extrudeur approprié, fil PP Ø 4 mm

Ajustage :

60° d'angle d'ouverture, entrefer 1 mm (voir préparation de la soudure). $T_M = 225-230\text{ °C}$, $T_L = 275-295\text{ °C}$, distance des buses de préchauffage du matériel de base 10–15 mm, performance de production des extrudeurs ~ 1,5 kg/h on obtient ~ 150–175 mm/min de vitesse de soudure.

Vitesse de soudure : < 20 cm/min pour PE/PP pour 10 mm d'épaisseur de paroi.



Nettoyage de la zone de soudage

6.2 Température

Température

	température du produit d'extrusion mesurée à l'orifice de la filière °C	température de l'air mesurée dans la buse à air chaud °C	quantité d'air (volume d'air froid aspiré) 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

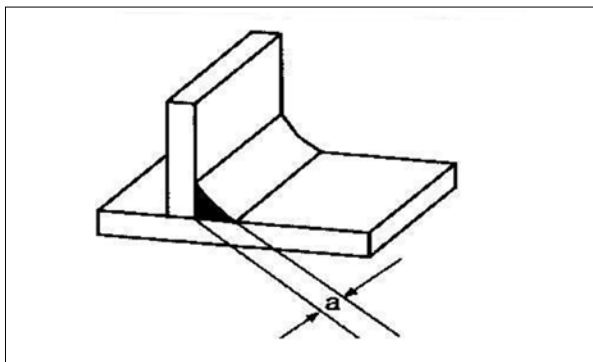
6.3 Influence de l'humidité

Les matières plastiques peuvent absorber occasionnellement de l'humidité. Les recherches d'un producteur renommé de matières premières et de la société SIMONA ont donné les résultats suivants :

La matière d'apport absorbe l'humidité à la surface en fonction des conditions de la matière et de l'environnement. Lors du soudage par extrusion, cette humidité absorbée au produit peut se traduire sous forme de cavités dans la soudure, soit une surface rugueuse de la soudure. Ce phénomène se renforce avec une épaisseur de soudure élevée (mesure a).

Pour éviter le problème de « l'humidité » pendant le soudage nous recommandons de respecter les points suivants :

- placer un séparateur eau/huile dans le système de ventilation
- éviter les différences de températures entre le matériau d'apport et les pièces à souder (eau condensée)
- stocker le matériau d'apport dans un endroit aussi sec que possible (par exemple chaufferies)
- étuver le matériau d'apport (étuve : PE 80 °C/ PP 100 °C/PVC 60 °C, min. 12 h)
- souder des valeurs a élevées (≥ 18 mm) en plusieurs opérations



Soudure d'angle concave, mesure a

Humidité relative de l'air

Formule :

$$\text{humidité relative de l'air [\%]} = \frac{\text{Volume d'humidité disponible} \times 100}{\text{Volume d'humidité maximal}}$$

Avec la même quantité d'humidité de l'air, l'humidité de l'air relative change :

- elle baisse lors du réchauffement
- elle augmente lors du refroidissement

Si l'air refroidit, que l'humidité relative de l'air atteigne la valeur 100 pour cent, la vapeur d'eau doit se séparer lors d'un autre refroidissement sous forme de brouillard. La température, par laquelle cela arrive, est décrite comme température du point de rosée. L'eau de condensation apparaît toujours quand l'air se refroidit en dessous de la température du point de rosée.

Avec le tableau (voir page 23), vous pouvez déterminer la température du point de rosée. Avec une température de 20 °C et une humidité de l'air de 60 pour cent on obtient par exemple une température du point de rosée de 12 °C.

Température du point de rosée de l'air en dépendance de la température et d'humidité relative de l'air

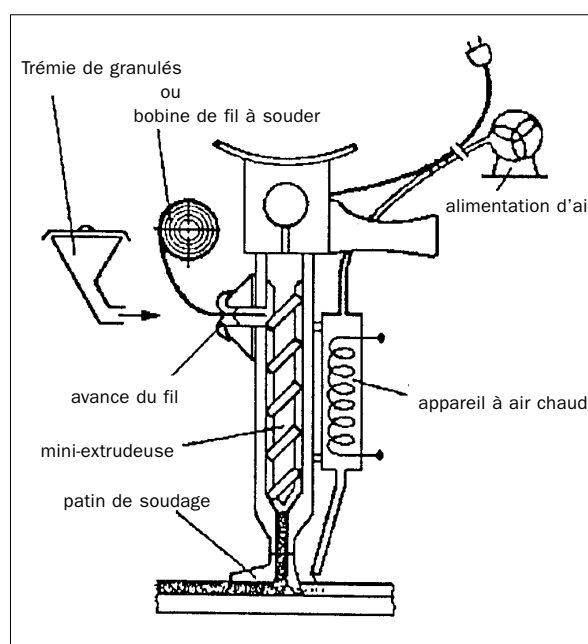
Température de l'air	Température du point de rosée ¹⁾ en °C à une humidité de l'air de													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
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⁾ Approximatif on peut interpoler rectiligne.

6.4 Appareil

La soudeuse à extrusion est constituée d'une petite extrudeuse portable (entraînée par un moteur de perceuse) dans laquelle est transformée la matière plastique.

Pour le préchauffage de la zone d'assemblage, un ventilateur type chalumeau à air chaud classique est intégré avec un raccordement à air.



Extrudeuse

Les caractéristiques de soudage par extrusion à air chaud sont les suivantes :

- Soudage avec une matière d'apport identique au support.
- La matière d'apport est plastifiée de façon homogène et complète.
- Les surfaces à assembler sont chauffées à air chaud à la température de soudage.
- La profondeur du ramollissement s'élève à 0,5–1,0 mm.
- La masse extrudée sera formée et pressée à l'aide d'un patin de guidage.
- Par rapport au soudage à air chaud, on a une diminution du temps de travail et des propriétés de résistance élevées due à une très bonne qualité du cordon et à des tensions internes minimales.

Façonnage des patins de soudage

La matière d'apport extrudée est formée et pressée avec un patin de soudage (par exemple PTFE). Les éléments suivants dépendent de la forme du patin de soudage :

- Volume de remplissage
- Vitesse de remplissage
- Écoulement du matériau
- Recouvrement et forme de la soudure
- Pression constante

Les patins doivent être adaptés à chaque forme de soudure. Par principe : plus le cordon de soudure est large, plus le patin devra être long (voir DVS 2207 partie 4).

Comme matériau pour les patins de soudage, ne rentrent en ligne de compte, que des matières plastiques avec une grande résistance à la chaleur, comme par exemple le PTFE antiadhésif qui a de bonnes propriétés de glissement et une bonne résistance à la chaleur.

6.5 Finitions des cordons de soudure

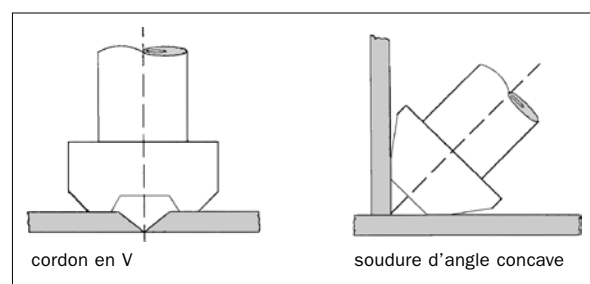
Par principe, les cordons de soudure doivent être exécutés de façon à ce qu'ils ne demandent plus de travaux de finition. Les zones de soudure par extrusion doivent avoir une surface lisse et homogène avec des rebords bien soudés et sans défauts.

Pour éviter des défauts à la base du cordon, une soudure opposée peut être appliquée par une soudure à air chaud.

Les bavures qui peuvent se former au bord du patin – spécialement pour les assemblages très sollicités – s'enlèvent avec un grattoir à la forme appropriée.

6.6 Comment éviter la formation de cavités

Des cavités se forment seulement après l'opération de soudage. Elles peuvent être réduites par la variation de la vitesse de refroidissement et de la géométrie du patin de soudage, mais pas par une variation des paramètres de soudage.

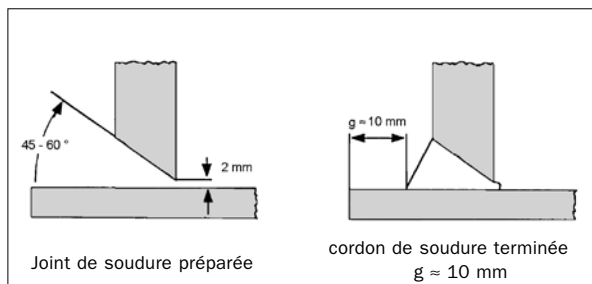


Formes des patins de soudage

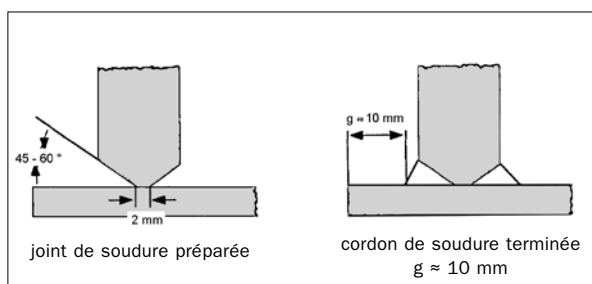
Des cavités se forment surtout dans les fortes épaisseurs de paroi. Elles naissent de la solidification de la surface du cordon de soudure qui forme une pellicule rigide s'opposant à la contraction du volume. La suite est inévitablement la formation de cavités.

Un refroidissement lent et sans boursouffures du cordon de soudure peut être obtenu par utilisation d'un isolant thermique (par exemple laine de verre avec feuille d'aluminium ou tissu textile).

En même temps, on abaisse les tensions dans la zone de soudure.



Joint en T, joint HV avec soudure d'angle

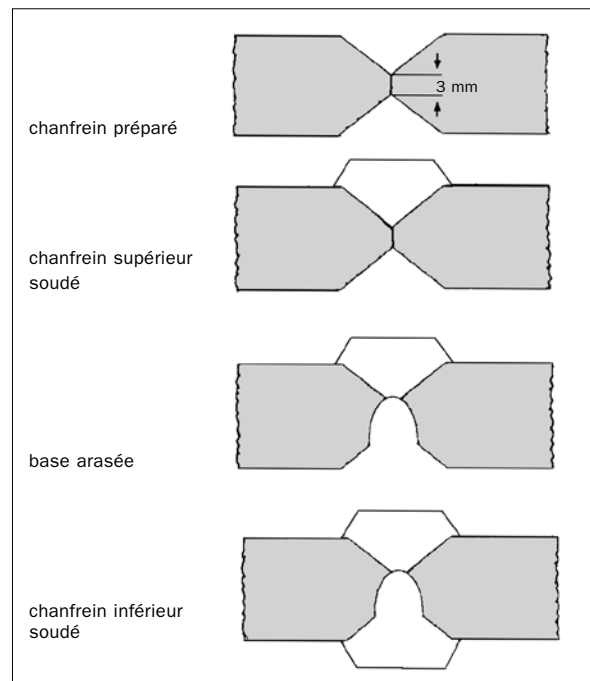


Joint en T avec double joint HV

6.7 Formes de cordons

Joint en T, joint HV (demi-joint en V) avec soudure d'angle, joint DV (X).

L'intervalle g sert de support et de guidage du patin de soudage.

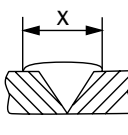
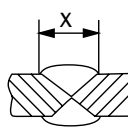
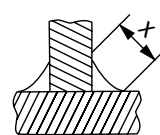
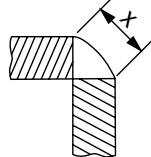
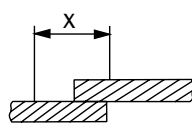
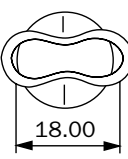
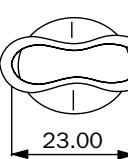
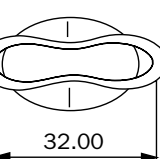
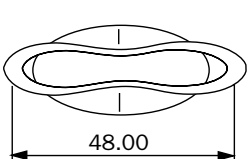


Joint en DV, cordon de soudure sans fente

6.8 Facteurs d'influence pour soudage par extrusion impeccable

- Température de la matière d'apport
- Température dans la masse du matériau de base
- Température dans la masse de l'air chaud
- Homogénéité de la matière d'apport
- Volume d'air chaud
- Vitesse de soudage (avancement)
- Pression de soudage
- Propreté de la matière de base et d'apport et de l'air de réchauffage

Exemples des mesures des buses et de la vue en coupe d'embouchure de sortie d'air pour le soudage jusqu'à 40 mm (DIN EN 13705, 2004)

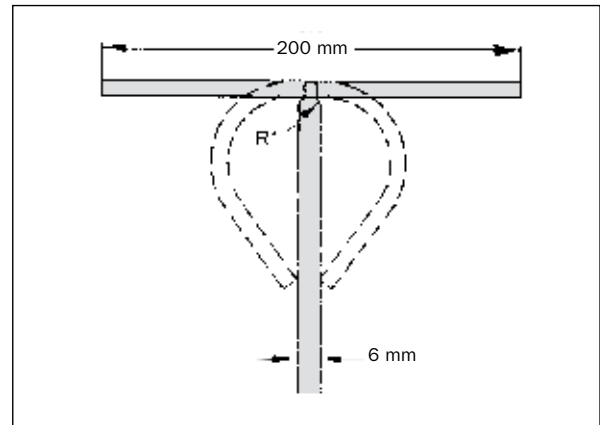
Profilés de soudure	Profilé V	Profilé X	Profilé T	Profilé d'angle	Souder par recouvrement
					
X (mm) Buse	jusqu'à 16	de 17 jusqu'à 21	de 21 jusqu'à 30	de 25 jusqu'à 40	
					

7 Essai de résistance du cordon de soudure

7.1 Test manuel

Extrait des directives DVS 2203 partie 5 : « La réalisation de l'essai de pliage est un simple contrôle préliminaire d'usine. En raison des forces exercées, cette méthode se limite à des épaisseurs d'éprouvettes ≤ 10 mm.

L'échantillon porteur de la soudure est posé sur un montant d'une épaisseur 6 mm à bord arrondi et plié sous contrainte, jusqu'à ce que les extrémités de l'échantillon (suivant croquis) touche le montant ou jusqu'à rupture. »



Représentation schématique de l'essai manuel

7.2 Facteur de soudage (essai de traction)

(DVS 2203-5)

Facteur de soudage

	Soudage à air chaud		Soudage par polyfusion		Soudage par extrusion	
	Facteur courte durée	Facteur longue durée	Facteur courte durée	Facteur longue durée	Facteur courte durée	Facteur longue durée
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	-	-

Les facteurs « courte durée » s'appliquent pour des temps de charge allant jusqu'à une heure. Seuls des facteurs « longue durée » sont à appliquer pour le calcul d'éléments de construction.

Le facteur de soudage donne le rapport de la résistance à la traction du cordon de soudure sur la résistance à la traction de la matière de base:

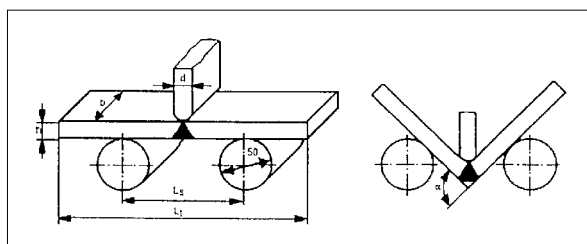
Résistance à la traction du cordon de soudure

Résistance à la traction de la matière de base

7.3 Essai de pliage

(DVS 2203-5)

L'essai de pliage sert – en relation avec d'autres essais – à l'appréciation de la réalisation du soudage. Des angles de pliage et la configuration de la rupture sont déterminés à partir de la déformation de la liaison et de la qualité du cordon de soudure. Le comportement dans le temps d'un assemblage soudé est déterminé par la seule condition des résultats des essais de pliage.



Représentation schématique de l'essai mécanique

Dimensions du procédé expérimental et des éprouvettes (DVS 2203-5)

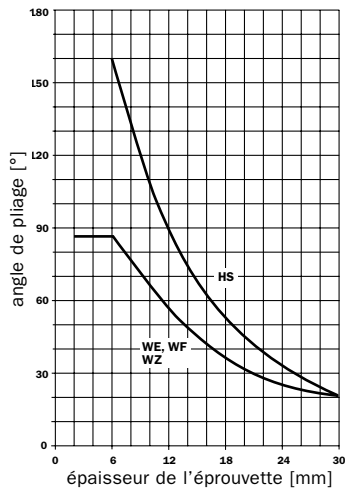
	Éprouvettes					Épaisseur du poinçon de formage a mm
	Épaisseur s valeur nominale mm	Largeur b mm		Longueur minimale L ₁ mm	Distance entre appuis L ₂ mm	
		Tube	Plaque			
3 < s ≤ 5	0,1 x d ¹⁾ min.: 6 max.: 30	20	20	150	80	4
5 < s ≤ 10		20	20	200	90	8
10 < s ≤ 15		20	20	200	100	12,5
15 < s ≤ 20		30	30	250	120	16
20 < s ≤ 30		30	30	300	160	25

¹⁾ Diamètre nominal

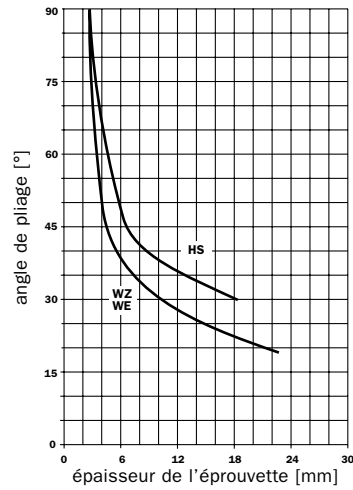
Vitesse d'essai

Matériau	Vitesse d'essai mm/min
PE-HD	50
PP-R	50
PP-H, -B	20
PVDF	20
PVC-U	10

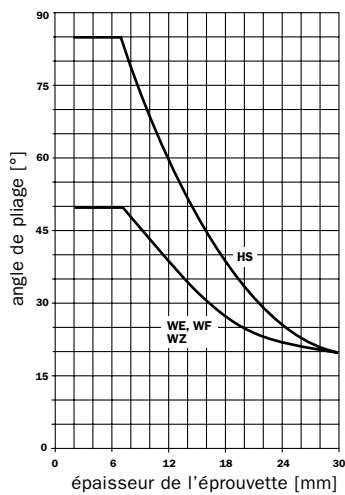
Relation de l'angle de pliage minimum des demi-produits SIMONA en fonction de l'épaisseur des éprouvettes



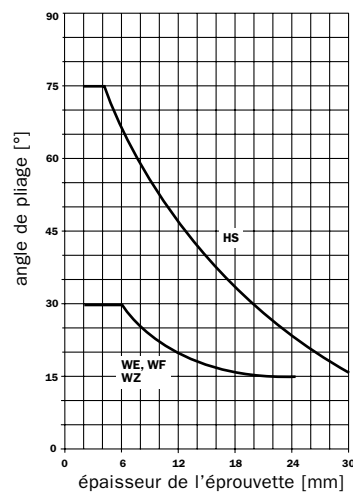
**SIMONA®
PE-HWU/HWST**



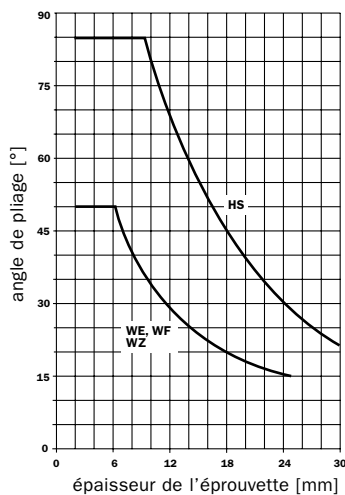
**SIMONA®
PVDF**



**SIMONA® PP-C,
PP-DWU/DWST/
PE-EL**



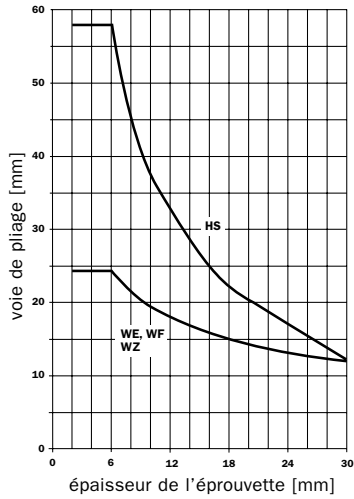
**SIMONA®
PVC-CAW/
PVC-C**



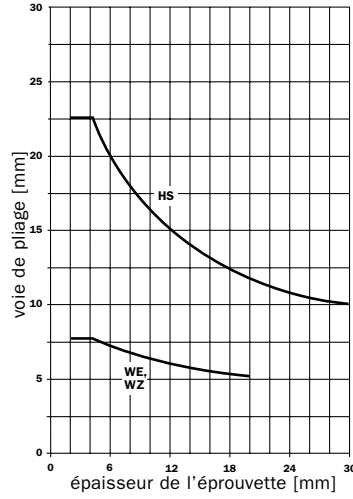
**SIMONA®
PVC-MZ/HSV**

- HS : soudage de l'élément chauffant
- WF : soudage manuel au gaz chaud
- WZ : soudage rapide au gaz chaud
- WE : soudage au gaz chaud immédiatement après extrusion du cordon

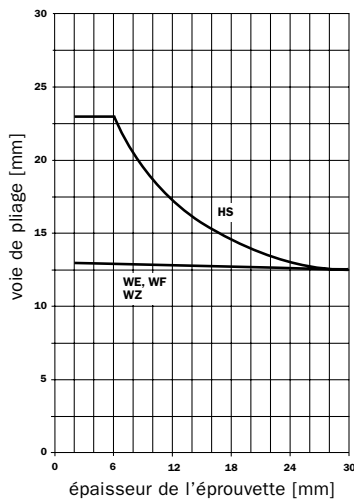
Relation de la voie de pliage minimum des demi-produits SIMONA en fonction de l'épaisseur des éprouvettes



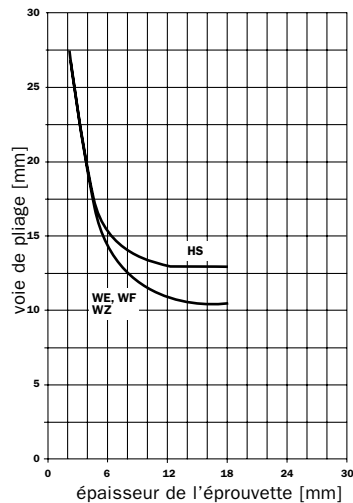
*SIMONA®
PE-HWU/HWST*



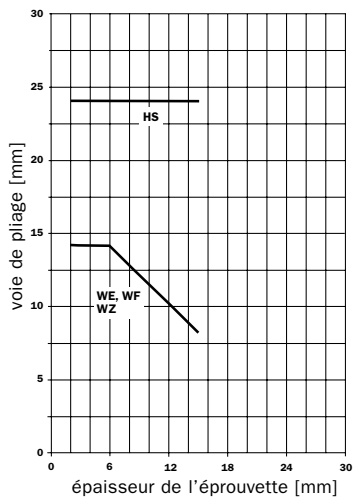
*SIMONA®
PVDF*



*SIMONA® PP-C,
PP-DWU/DWST/
PE-EL*



*SIMONA®
PVC-CAW*



*SIMONA®
PVC-MZ/HSV*

- HS : soudage de l'élément chauffant
- WF : soudage manuel au gaz chaud
- WZ : soudage rapide au gaz chaud
- WE : soudage au gaz chaud immédiatement après extrusion du cordon

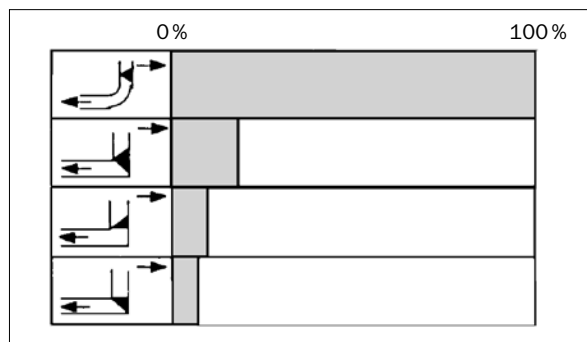
8 Assemblages soudés

8.1 Structure d'assemblages soudés

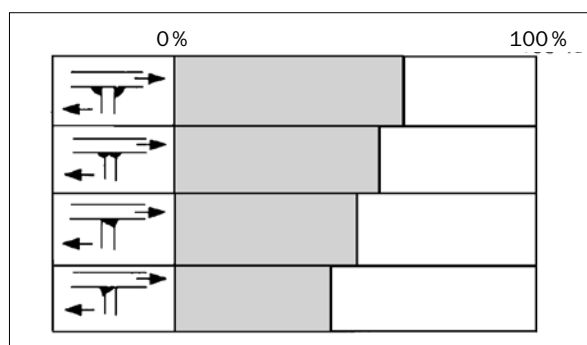
Les entailles internes et externes ainsi que les variations d'épaisseurs occasionnent des soudures défectueuses, qui dépendent essentiellement de la rigidité du matériau. Les assemblages soudés présentent dans chaque cas un manque d'homogénéité. Dans la plupart des cas, les cordons de soudure ne sont pas ébauchés, et ont par conséquent des irrégularités de surface, qui ont pour effet de réduire la qualité d'assemblage.

Sur la figure à droite sont présentées 4 structures d'assemblages angulaires différentes. Les structures d'assemblages sont soumises à une flexion, ainsi on peut observer que les structures à angle droit sont en général plus fragiles que des angles arrondis avec des joints hors de la courbure. Des courbures permettent toujours un flux de force sans contrainte et donnent une structure d'assemblage 10 fois plus élevée que la structure à angle droit conventionnelle.

Les liaisons en forme de T montrent un comportement plus défavorable important lors d'un joint soudé unilatéralement par rapport à une soudure bilatérale (voir figure à droite). Il est également important que sur le côté en tension il n'y ait aucune entaille. Pour avoir une structure d'assemblage favorable, il faut que cet assemblage ait un certain galbe et que la répartition des forces soit correctement faite.

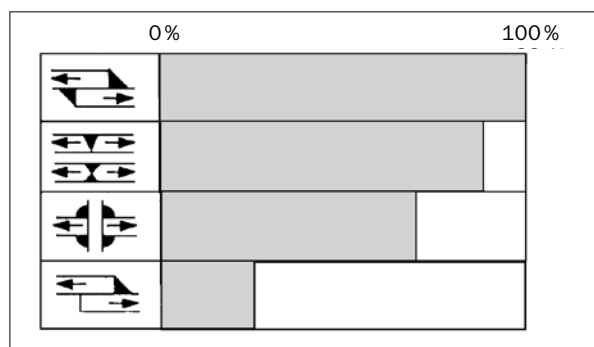


Structure d'assemblage d'angle



Structure d'assemblage en T

Sur la figure ci-dessous sont représentés des assemblages qui sont exposés à un effort de tension. Dans le domaine de la soudure s'engendrent des efforts de traction ou des tensions de cisaillement. Une soudure ébauchée en V donne une bonne structure d'assemblage car elle ne gêne pas la répartition des forces et minimise ainsi l'effet d'entaille. Un simple assemblage à couvre-joint crée aussi bien des forces de poussée et de tension que des moments de flexion dans la soudure. La structure d'assemblage est de mauvaise qualité car la répartition des forces est fortement gênée. Contrairement à cela, le double assemblage à couvre-joint permet une répartition favorable des forces. Ce mode d'assemblage crée une structure de haute qualité. Ceci est également valable pour les assemblages croisés.



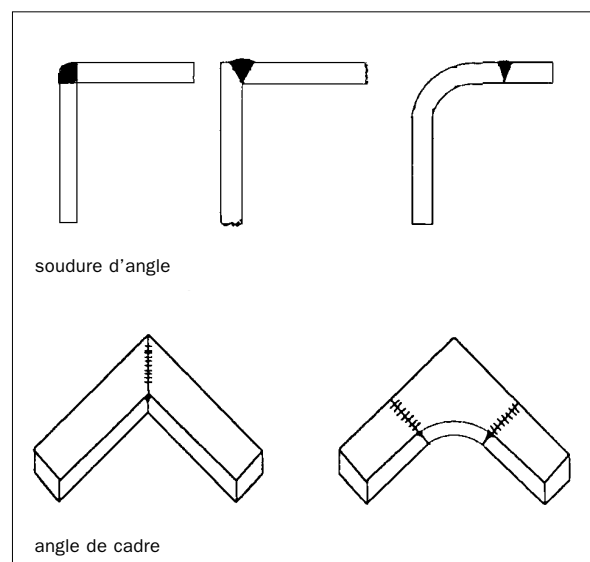
Structure d'assemblage

8.2 Position des fils de soudure

Les exemples de configuration suivants sont en illustration et à voir dans les DVS 2205 feuille 3.

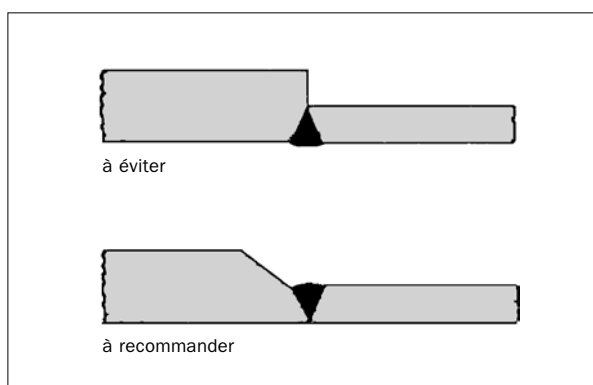
Dans le cas de soudures porteuses ou creuses, il faut dimensionner les cordons de soudure de façon à ce que les sections transversales soient suffisantes pour le transfert d'énergie. Les joints bout à bout sont préférables.

Les joints en V doivent être contresoudés à la base du chanfrein.



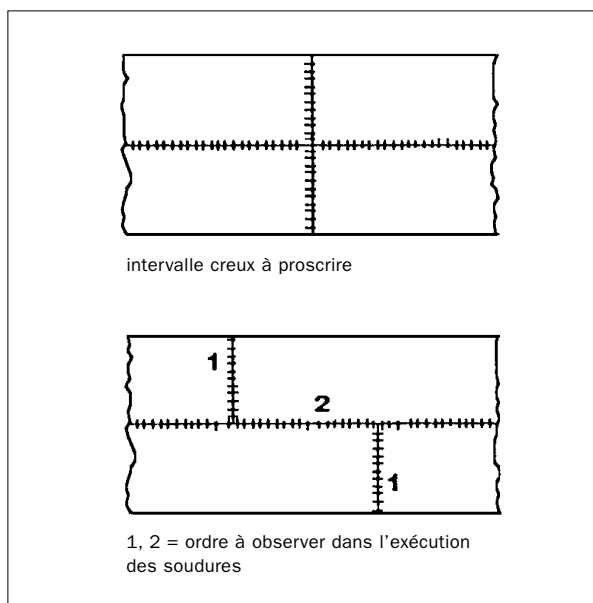
Exemples de configuration d'un angle

Lors de soudure bout-à-bout de parois d'épaisseurs différentes, une transition progressive dans le répartition des forces est conseillée (éviter les points de tension).

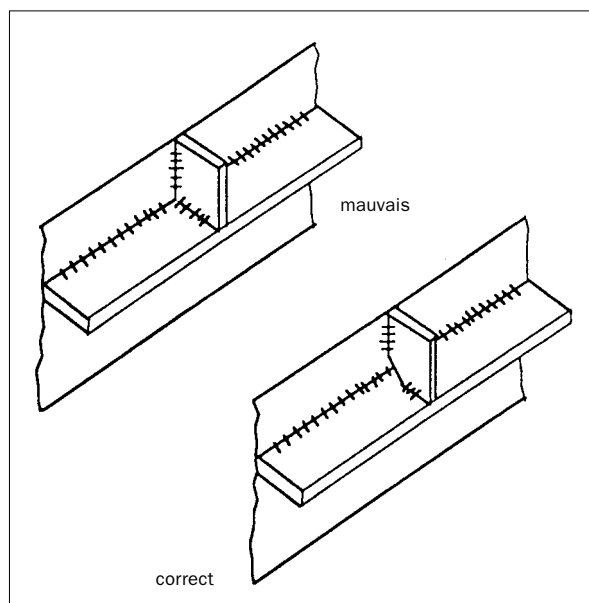


Exemples de changement de coupe transversale

Il faut éviter une accumulation de cordons de soudure. Les cordons creux ne sont pas admis.



Exemples de d'accumulation de cordons de soudure



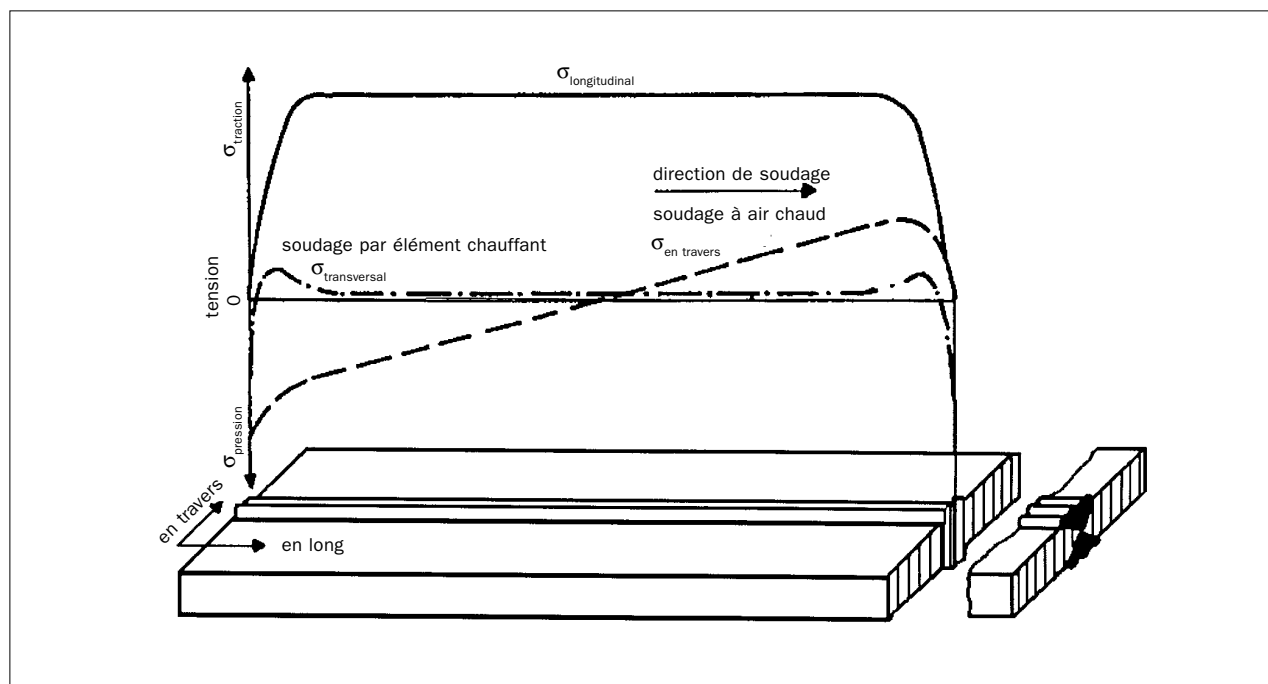
Pièce de renfort

8.3 Tensions

Lors du soudage de matières thermoplastiques, différents stades de tensions se créent en fonction du procédé de soudage, tensions qui peuvent se créer à l'intérieur du cordon de soudure dans le sens transversal ou longitudinal et pour des matières épaisses, dans le sens vertical. Ces tensions sont créées par un échauffement local lié à un refroidissement irrégulier.

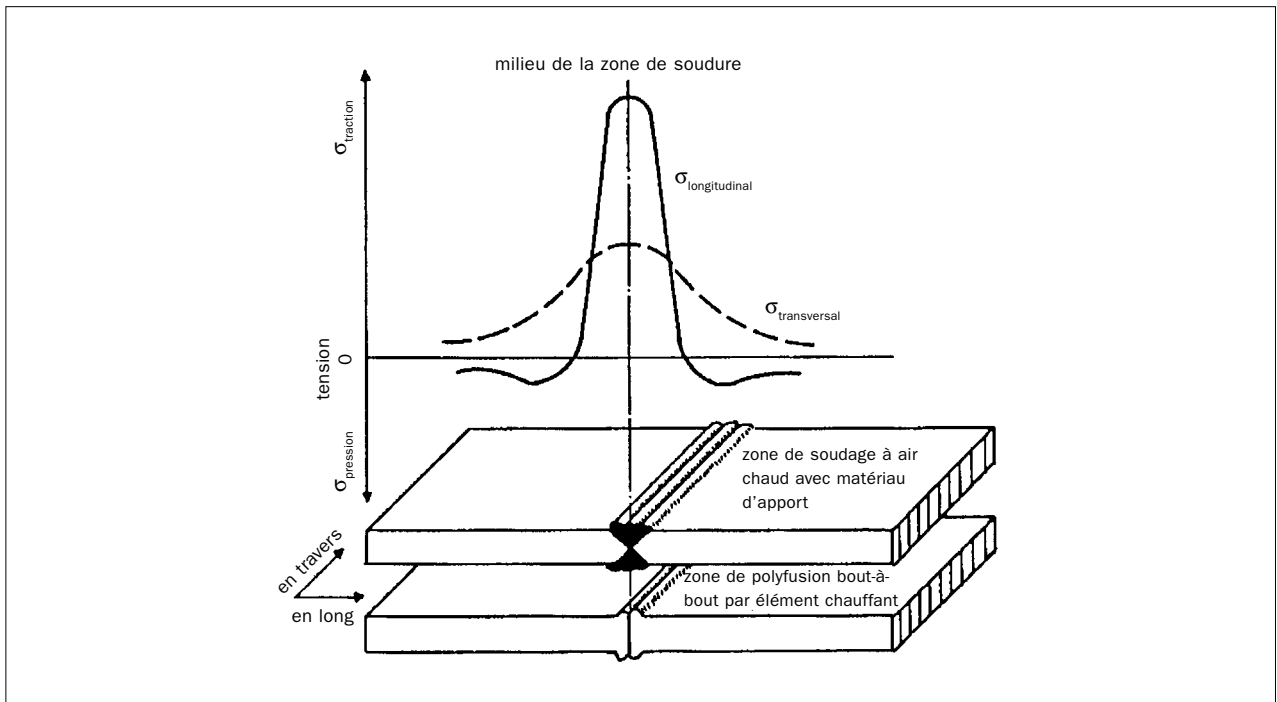
Lors de l'échauffement de la matière dans la zone du cordon de soudure, des tensions de pression se forment par une dilatation linéaire thermique, et à cette occasion, pendant le procédé de soudage, un relâchement des tensions a lieu en raison du comportement plastique du thermoplastique. Pendant le refroidissement qui s'ensuit, se créent ensuite des contraintes de tension thermique. Les tensions longitudinales qui

apparaissent dans la coupe transversale de la zone de soudure sont indépendantes du procédé de soudage ; ceci n'est pas le cas avec l'apparition des tensions transversales. Cela devient décisif si la plaque à souder est fixée ou dans le cas d'un phénomène de retrait ou si un retrait est possible. Lors du soudage à air chaud, le procédé de soudage successif est à l'origine de la création des tensions transversales.



Progression des tensions de soudage sur la longueur du cordon de soudure lors du soudage par élément chauffant et à air chaud (selon Menges)

En raison du relachement des contraintes déjà mentionnées, les contraintes de tensions thermiques apparaissent dans la zone de départ. Lorsque la soudure progresse, ces zones de matière doivent absorber les contraintes de tension qui progressent de façon similaire. Cela signifie que dans la dernière zone de soudure, les contraintes de tension subsistent, alors qu'elles se forment en début de soudure.



9 Conseils

Nos collaborateurs du Service Vente ou du Service Applications Techniques ont une longue expérience dans l'utilisation et la transformation de produits semi-ouvrés en thermoplastiques , et se tiennent à votre disposition pour tous renseignements complémentaires.

E-mail : tsc@simona.de

10 Normes et données de base

10.1 Fiches techniques DVS

Fiches techniques DVS

2201	-2	(02.89)	Contrôle des demi-produits en matières thermoplastiques Aptitude au soudage ; Méthode d'essai – Spécifications
2202	-1	(07.06)	Défauts de soudure de semi-produits thermoplastiques. Caractéristiques, description, évaluation
2203			Essais des assemblages soudés en matières thermoplastiques
	-1	(01.03)	Méthode d'essai, spécification
	-2	(04.06)	Essai de traction
	-3	(04.11)	Essai de traction par choc
	-4	(12.01)	Essai de fluage par traction
	-5	(08.99)	Essai de pliage
2204	-1	(01.11)	Le collage des thermoplastiques Travail en cours sur les directives pour le collage du PVC exempt de plastifiant soit le PVC-C, PVC surchloré.
2205			Calcul de cuves et d'appareils chaudronnés en thermoplastiques
	-1	(04.02)	Valeurs caractéristiques
	-2	(01.11)	Cuves verticales rondes, sans pression
	-3	(04.75)	Assemblages soudés
	-4	(11.88)	Assemblages par brides
	-5	(07.87)	Cuves parallélépipédiques
Additif		(10.84)	Calcul et conception des réservoirs et appareils chaudronnés en matières thermoplastiques
2206	-1-5	(2011)	Contrôle des pièces et constructions en matériaux thermoplastiques
2207			Soudage des matières thermoplastiques
	-1	(09.05)	Soudage par élément chauffant des tubes, des éléments de tuyauteries et des plaques en PE-HD
	-3	(04.05)	Soudage au gaz chaud des matières thermoplastiques – plaques et tubes – paramètres de soudage
	-4	(04.05)	Soudage par extrusion ; plaques et tubes
	-6	(09.03)	Soudage des matières thermoplastiques ; Soudage bout-à-bout sans contact des tubes, éléments de tuyauterie et des plaques ; procédés – machines – paramètres
	-11	(08.08)	Soudage par élément chauffant des matières thermoplastiques, tubes, éléments de tuyauterie et plaques en PP
	-12	(12.06)	Soudage par élément chauffant des tubes, des éléments de tuyauteries et des plaques en PVC-U
	-14	(04.09)	Soudage par pliage à la règle chauffante des plaques en PP et PE
	-15	(12.05)	Soudage par élément chauffant de tubes, éléments de tuyauterie et plaques en PVDF
2208	-1	(03.07)	Machines et appareillages pour le soudage des matières thermoplastiques – Soudage par élément chauffant
2210	-1	(04.97)	Canalisations industrielles en matières thermoplastiques ; projet de construction et exécution, systèmes de tube en aérien
2211		(04.05)	Matériaux d'apport pour soudage des thermoplastiques ; Marquage, spécifications, exigences, contrôle
2212	-1	(09.05)	Epreuve de qualification des soudeurs sur matières plastiques. groupe d'essai 1

Les fiches techniques DVS se rapportent au Deutscher Verlag für Schweißtechnik GmbH,
Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, Allemagne

10.2 Normes DIN

DIN EN 14610	(02.05)	Soudage et processus utilisé. Notions pour le processus de soudure du métal.
DIN 1910 -3	(09.77)	Soudage des matières plastiques ; procédé
DIN 16960 -1	(02.74)	Soudage des matières thermoplastiques ; principes fondamentaux
DIN EN 13705	(09.04)	Soudage des matières thermoplastiques ; Machines et appareillages pour le soudage au gaz chaud (incl. soudage par extrusion à air chaud)

10.3 VDI-Directives

VDI 2003	(01.76)	Usinage par enlèvement de copeaux des matières plastiques
-----------------	---------	---

Les normes DIN et les directives VDI se rapportent au Beuth-Verlag, Postfach 1145,
Burggrafenstr. 4–10, 10772 Berlin, Allemagne

10.4 KRV-Directives

Instructions de collage pour des conduites de pression en PVC

Les directives KRV se rapportent au Kunststoffrohrverband e.V., Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.,
Dyroffstr. 2, 53113 Bonn, Allemagne

Origine des informations et bibliothèque :

- Normes et directives sus-mentionnées
- Brochure Hoechst : « Umformen, Bearbeiten, Fügen » (Transformation, usinage, assemblage)
- Hadick : Schweißen von Kunststoffen (Soudage des matières plastiques)
- Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien, Fügen von Kunststoffen, vol. 68/IV, 13. édition, 2010
(Livre de poche : directives DVS pour assemblage des matières plastiques)

11 Annexes

Il peut y avoir des variations dans les valeurs indicatives données dans les tableaux suivants, en particulier pour le temps de chauffage nécessaire, en fonction de la machine et des conditions de travail. A cet effet, il est conseillé de réaliser par principe des échantillons de travail et de les tester.

Soudage à air chaud DVS 2207-3, feuillet annexe 1

Valeurs indicatives pour le soudage à air chaud

matériau	air l/min	température mesurée 5 mm dans la buse °C	vitesse [cm/min]			
			Ø buse ronde mm		Ø buse rapide mm	
			3	4	3	4
PE						
-HWU, -HWST	50 – 60	320 – 340	10 – 15	env. 10	≤50	≤40
-HWU-B	50 – 60	320 – 340	10 – 15	env. 10	≤50	≤40
FOAM	50 – 60	300 – 340	10 – 15	env. 10	≤50	≤40
HML 500	50 – 60	270 – 300	–	–	≤25	≤20
PP						
-DWU AlphaPlus®, -DWST	50 – 60	320 – 340	env. 10	< 10	≤50	≤40
-DWU-B	50 – 60	320 – 340	env. 10	< 10	≤50	≤40
FOAM	50 – 60	300 – 340	env. 10	< 10	≤50	≤40
PPs	50 – 60	300 – 320	env. 10	< 10	≤50	≤40
PVC						
-MZ-COLOR	45 – 55	350 – 370	15 – 20	env. 15	≤50	≤40
-GLAS	45 – 55	350 – 370	15 – 20	env. 15	≤60	≤50
-CAW	45 – 55	350 – 380	15 – 20	env. 15	≤60	≤50
-C	45 – 55	370 – 390	15 – 20	env. 15	≤60	≤50
COPLAST-AS	45 – 50	340 – 360	20 – 25	15 – 20	env. 100	env. 75
SIMOPOR	45 – 50	340 – 360	20 – 25	15 – 20	env. 100	env. 75
PVDF*						
	50 – 60	365 – 385	10 – 15	env. 10	≤40	≤30
E-CTFE*						
	50 – 60	350 – 380	–	–	≤25	≤20
SIMOLUX						
	40 – 50	300 – 320	env. 15 – 20	env. 15	≤50	≤40

* Pour éviter une oxydation des surfaces de soudure, l'usage d'un gaz inerte (par exemple azote) est conseillé.

Soudage rapide et manuel au gaz chaud (WZ et WF)

DVS 2207-3, feuillet annexe 1

Valeurs Indicatives pour le soudage rapide et manuel au gaz chaud, pour les tubes et les plaques

Procède de soudage	Sigle	Température du gaz chaud ¹⁾	Débit volumétrique du gaz chaud ²⁾	Vitesse de soudage ³⁾	Force de soudage (N) par Ø de fil	
		°C	l/min	mm/min	3 mm	4 mm

Soudage manuel au gaz chaud (WF)

Procède de soudage	Sigle	Température du gaz chaud ¹⁾	Débit volumétrique du gaz chaud ²⁾	Vitesse de soudage ³⁾	Force de soudage (N) par Ø de fil	
	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

Soudage rapide au gaz chaud (WZ)

Procède de soudage	Sigle	Température du gaz chaud ¹⁾	Débit volumétrique du gaz chaud ²⁾	Vitesse de soudage ³⁾	Force de soudage (N) par Ø de fil	
	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 Gaz chaud/Azote	220 – 250	10 – 15	Pas d'indication
	FEP	380 – 390	50 – 60	60 – 80	10 – 15	Pas d'indication
	MFA	395 – 405	50 – 60	60 – 80	10 – 15	Pas d'indication
	PFA	400 – 410	50 – 60	70	10 – 15	Pas d'indication

¹⁾ Mesuré 5 mm dans la buse, au centre de l'ouverture principale de la buse

²⁾ Volume d'air froid aspiré à la pression ambiante

³⁾ Dépendant du diamètre de l'apport de matière de soudage et de la géométrie du joint de soudage

⁴⁾ PE 63, PE 80, PE 100

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-1

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques en PE-HWU/HWST/PE 100 SIMONA®

épaisseur	température*	ajustement**	chauffage	temps de transfert	assemblage	
		$p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$	$p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$	max. temps***	$p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$	
mm	°C	hauteur du bourrelet	temps	s	temps nécessaire jusqu'à pression max.	temps de refroidissement sous pression d'assemblage
		mm	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

* Pour le PE 100, une température constante de l'élément chauffant à 220 °C est recommandée pour toutes les épaisseurs.

** Hauteur de bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,15 N/mm²)

*** Le temps de transfert doit être si court si court pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Valeurs indicatives pour la polyfusion aux éléments thermiques de plaques en SIMONA® PE FOAM

épaisseur de plaque	température	ajustement*	chauffage	temps de transfert	assemblage	
		$p \approx 0,30 \text{ N/mm}^2$	$p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$	durée maxi. **	$p \approx 0,30 \text{ N/mm}^2$	
mm	°C	hauteur du bourrelet	durée	s	durée pour établir la pression	durée de refroidissement sous pression d'assemblage
		mm	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

* Hauteur de bourrelet à l'élément thermique à la fin du temps d'ajustement (à 0,30 N/mm²)

** La durée d'ajustement doit être aussi courte que possible, sinon les surfaces plastifiées se refroidissent.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-11

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques en PP-DWU/DWST, PPs SIMONA®

épaisseur	température	ajustement*	chauffage	temps de transfert	assemblage	
		$p = 0,1 \text{ N/mm}^2$	$p \leq 0,03 \text{ N/mm}^2$		$p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2 \pm 0,01$	
		hauteur du bourrelet	temps	max. temps**	temps nécessaire jusqu'à pression max.	temps de refroidissement sous pression d'assemblage
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

* Hauteur du bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,1 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Valeurs indicatives pour la polyfusion aux éléments thermiques de plaques en SIMONA® PP FOAM

épaisseur de plaque	température	ajustement*	chauffage	temps de transfert	assemblage	
		$p = 0,20 \text{ N/mm}^2$	$p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$		$p = 0,20 \text{ N/mm}^2 \pm 0,01$	
		hauteur du bourrelet	durée	durée maxi. **	durée pour établir la pression	durée de refroidissement sous pression d'assemblage
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

* Hauteur de bourrelet à l'élément thermique à la fin du temps d'ajustement (à 0,20 N/mm²)

** La durée d'ajustement doit être aussi courte que possible, sinon les surfaces plastifiées se refroidissent.

Polyfusion bout-à-bout

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques en PVC-CAW SIMONA®

épaisseur	température	ajustement*	chauffage	temps de transfert	assemblage	
		$p = 0,5 \text{ N/mm}^2$	$p \approx 0,03 \text{ N/mm}^2$		$p \approx 0,5 \text{ N/mm}^2$	
		hauteur du bourrelet	temps	max. temps**	temps nécessaire jusqu'à pression max. = 1 x épaisseur	temps de refroidissement sous pression d'assemblage
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

* Hauteur de bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,5 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-15

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques en PVDF SIMONA®

épaisseur	température	ajustement* p ≈ 0,1 N/mm ² hauteur du bourrelet	chauffage p ≤ 0,01 N/mm ²	temps de transfert max. temps**	assemblage p ≈ 0,1 N/mm ²	
			temps = 10 x épaisseur + 40 s		temps nécessaire jusqu'à pression max. = 0,4 x épaisseur + 2,5 s	temps de refroidissement sous pression d'assemblage = 1,2 x épaisseur + 2 minutes
mm	°C	mm	temps s	s	s	min
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

* Hauteur de bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,1 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Pour la polyfusion bout-à-bout sans contact du PVDF, une directive DVS est en cours d'élaboration :

2207-6 Soudage des matières thermoplastiques

Polyfusion bout-à-bout sans contact des tubes, des pièces de tuyauteries et des plaques

Méthodes – machines – paramètres

Polyfusion bout-à-bout

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques en E-CTFE SIMONA®

épaisseur	ajustement*	chauffage	temps de transfert	assemblage	
	$p \approx 0,3 \text{ N/mm}^2$	$p \leq 0,03 \text{ N/mm}^2$		$p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$	
	hauteur du bourrelet	temps	max. temps**	temps néc. jusqu'à pression	temps de refroidissement sous pression d'assemblage = 100 x épaisseur
mm	mm	s	s	s	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

Température de l'élément chauffant : 260–270 °C.

* Hauteur de bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,3 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Attention! Les éléments chauffants des machines à souder présentent une limite thermique à 250 °C. Veuillez contacter le fabricant de machine.

Polyfusion bout-à-bout

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des plaques des matériaux à haut poids moléculaire

matériau	pression d'ajustement	chauffage	temps de transfert	temps nécessaire jusqu'à pression max.	refroidissement	
					pression N/mm ²	temps min
(hauteur du bourrelet = 1 mm)	N/mm ²	temps s	max. temps* s	s		
PE-HML 500	1,0	épaisseur en mm x 20 à 25	< 3	< 10	1,0	épaisseur en mm x 1,5
PE-HMG 1000	3,0		< 3	< 10	3,0	

Température de l'élément chauffant : 200 – 210 °C.

* Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Une norme concernant le soudage des matériaux thermoplastiques à haut poids moléculaires n'existe pas. Avec ces valeurs on a cependant reçu des bons résultats.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-1

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des tubes en PE 80/PE 100/PE 100 RC

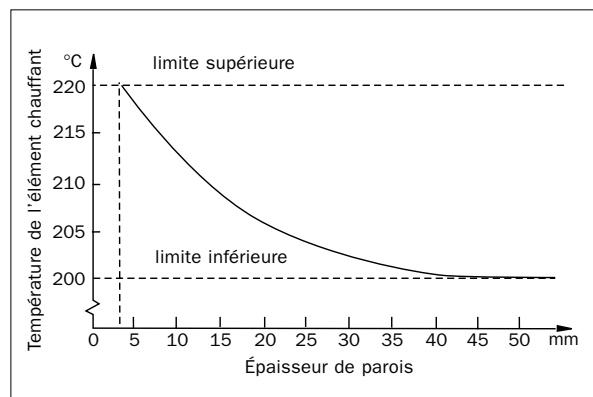
épaisseur	ajustement* p ≈ 0,15 N/mm ²	chauffage p ≈ 0,01 N/mm ²	temps de transfert	assemblage p ≈ 0,15 N/mm ²	
				temps nécessaire jusqu'à pression max.	temps de refroidisse- ment sous pression d'assemblage
mm	mm	temps s	max. temps** s	s	min
à 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5 – 7	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6	6 – 10
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

Température de l'élément chauffant : 200–220°C.

Pour le PE 100 une température constante de l'élément chauffant à 220°C est recommandée pour toutes les épaisseurs.

* Hauteur de bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'ajustement (à 0,15 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.



Courbe des valeurs des temp. de l'élément chauffant en dep. de l'épaisseur.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-11

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des tubes en PP

épaisseur	ajustement* p = 0,1 N/mm ²	chauffage p ≤ 0,01 N/mm ²	temps de transfert	assemblage p = 0,10 N/mm ² ± 0,01	
				temps nécessaire jusqu'à pression max. s	temps de refroidisse- ment sous pression d'assemblage min
mm	mm	temps s	temps max.** s		
à 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

Température de l'élément chauffant : 210 ± 10 °C.

* Hauteur du bourrelet à l'élément chauffant à la fin de l'ajustement (à 0,1 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-12

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des tubes, raccords et plaques en PVC-U

épaisseur nominal	température	ajustement* p = 0,5 N/mm ² hauteur du bourelet	chauffage p = 0,03 N/mm ² 15 sec x s	temps de transfert max. temps**	assemblage p = 0,5 N/mm ²	
					temps nécessaire jusqu'à pression 1 + s/2	temps de refroidissement sous pression d'assembl. 2 min x s min
mm	°C	mm	s	s	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

A une température extérieure de 20°C ± 2°C et un déplacement d'air modéré (aucun courant d'air)

* Hauteur du bourrelet à l'élément chauffant à la fin de l'ajustement (à 0,5 N/mm²)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Polyfusion bout-à-bout DVS 2207-15

Valeurs indicatives pour polyfusion bout-à-bout des tubes en PVDF

épaisseur	ajustement* $p \approx 0,10 \text{ N/mm}^2$	chauffage $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$	temps de transfert	assemblage $p = 0,10 \text{ N/mm}^2$	
		temps = 10 x épaisseur + 40 s		temps max. **	temps néc. jusqu'à pression max. = 0,4 x épaisseur + 2,5 s
mm	mm	s	s	s	valeur minimale 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

PVDF : température de $240 \pm 8^\circ\text{C}$.

* Hauteur du bourrelet à l'élément chauffant à la fin de l'ajustement (à $0,10 \text{ N/mm}^2$)

** Le temps de transfert doit être si court si possible pour éviter le refroidissement des surfaces plastifiées.

Soudage par emboîtement DVS 2207-1 et 11

Valeurs indicatives pour soudage par emboîtement des tubes en PE 80/100 et PP

diamètre du tube da	chauffage		temps de transfert	refroidissement	
	temps			temps max.	valeur minimale du temps
	SDR 11	SDR 17	encastré s		total 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) non recommandé en raison de l'épaisseur de paroi trop faible.
Température de l'élément chauffant : 260 ± 10 °C.

Soudage par emboîtement DVS 2207-15

Valeurs indicatives pour soudage par emboîtement des tubes en PVDF

diamètre du tube d	chauffage temps	temps de transfert max. temps	refroidissement ¹⁾	
			valeur minimale du temps	
mm	s	s	encastré s	total min
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⁾ En cas d'un soudage à la main, les pièces assemblées doivent être fixées pour le temps indiqué (voir colonne « encastré »).
Avant l'expiration du temps de refroidissement (voir colonne « total »), on ne doit pas solliciter la zone de soudure par des manipulations ou mouvements.

Température de l'élément chauffant : 260 ± 10 °C.

SIMONA dans le monde entier

SIMONA AG

Teichweg 16 D-55606 Kirn Germany

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

SITES DE PRODUCTION

Usine I/II

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

Usine III

Gewerbestraße 1-2
D-77975 Ringsheim
Germany
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 Litvínov-Chudeřín
Czech Republic

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

SITES DE VENTE

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 Moscou
Fédération russe
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