

СВАРКА ПЛАСТИКОВ PVC, PP, PE

Под сваркой пластиков понимается неразъемное соединение термопластичных материалов с применением тепла и давления *с* или *без* использования дополнительных материалов. По ошибке сваркой называют способ холодного соединения или соединения с набуханием пластика, который не подпадает под данное понятие, т.к. здесь поверхность пластика размягчается с помощью растворителя и затем склеивается.

Все процессы сварки происходят в термопластическом состоянии в зоне сварного шва. Там нитевидные молекулы материала соединяются и переплетаются в гомогенное образование.

принципе, свариваются пластики одного вида, т.е. PP с PP, и в одном виде - пластики с одинаковыми или близкими молекулярными весами и плотностью, причем цвет можно при этом не учитывать. Мягкий и жесткий PE сваривать друг с другом нельзя.

Единственным исключением является возможность получения сварных соединений достаточной прочности при сварке твердого PVC и акрилового стекла.

СВАРКА ГОРЯЧИМ ГАЗОМ

Рабочее место

К сварному оборудованию наряду со сварочными пистолетами и форсунками (скоростными сварочными пистолетами диаметром 3, 4 и 5мм, круглыми и прихваточными форсунками, форсунками для профильной проволоки) относятся также приборы для измерения температуры, количества воздуха, отделители масла и воды. Особенно хорошо зарекомендовали себя приборы для измерения температуры с наконечником игольчатого типа, поскольку для измерения температуры наконечник можно ввести в форсунку. Точный замер температуры является предпосылкой получения точных сварных швов с высоким коэффициентом сваривания (см. с.15).

Подготовка шва

Важнейшие формы шва – это двойной V- (X-)образный шов, V-образный шов, а также угловой шов, т.е. шов для соединения плит под прямым углом. Плиты должны быть безупречно прямыми и должна быть снята фаска в 30°. Это можно сделать рубанком, инструментом для правки, фрезой, ножом, циклей.

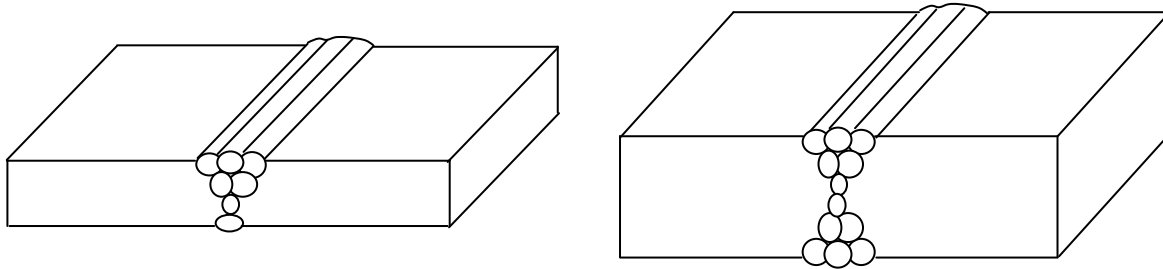
Наиболее употребительный шов – это двойной V-образный шов, при котором сваривают с двух сторон попеременно, чтобы снизить напряжения. Для более тонких плит и там, где сварка возможна лишь с одной стороны, рекомендуется простой V-образный шов. Без чистки свариваемых поверхностей и сварной проволоки не обойтись. Поэтому грязь, жиры, пот от рук, окисную пленку следует удалить, чтобы получить хорошее качество сварки. Простой чистки растворителем недостаточно.

Способы сварки

Оптимальные результаты получаются лишь при условии, что основной материал и сварная проволока являются равномерно пластичными. Приборы следует периодически контролировать и регулировать по температуре и количеству воздуха.

Перед заправкой сварной проволоки следует начальный участок частично прогреть, чтобы поверхность стала матовой. Перед наваркой нового слоя, наваренный ранее слой очищают с помощью подходящего инструмента от окисной пленки, образующейся на поверхности при высокой температуре.

Для уменьшения деформации важно, чтобы сварной слой охлаждался на воздухе, прежде чем изделию придать новое положение. При сварке толстых плит с использованием X-образной разделки кромок плиту после прохождения одного шва следует перевернуть, чтобы противоположные швы всегда были расположены друг против друга. При сварке нужно стараться, чтобы зоны нагрева плит с двух сторон от шва, примерно 5-8 мм, были одинаковы. Для хорошего соединения плит друг с другом важно образование двойного валика, причем плавиться в пластической зоне должны обе плиты. Цепочки молекул переплетаются между собой, и образуется двойной валик.



Наиболее важные сварные швы при сварке горячим газом

Примеры образования сварных швов

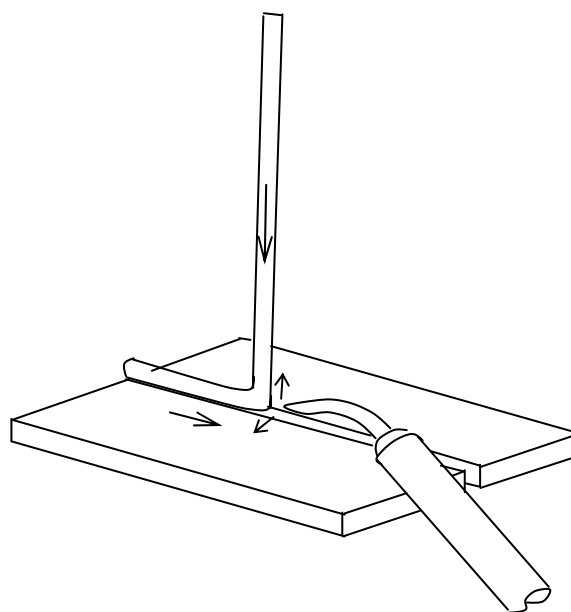
Толщина материала, мм		Сварочная проволока Количество x диаметр
V-образный шов	2	1 x 4
	3	3x 3
	4	1 x 3 и 2 x 4
	5	6x3
DV- двойной	4	2 (1 x 4)
V-образный шов	5	2(3 x 3)
(X-образный шов)	6	2(3x 3)
	8	2(1 x 3 и 2 x 4)
	10	2(6 x 3)

Применение круглых форсунок

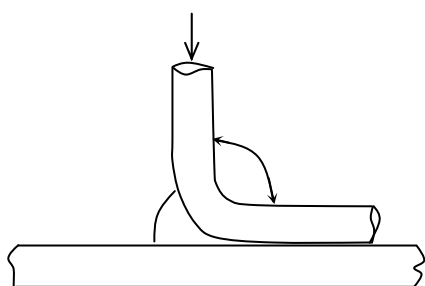
Этот способ требует большего умения и навыков, чем при работе со скоростными сварочными форсунками. Проволока удерживается при этом под прямым углом, чтобы исключить образование поперечных трещин (при остром угле) и осаживания (расплющивания) при слишком тупом угле.

Применение скоростных форсунок

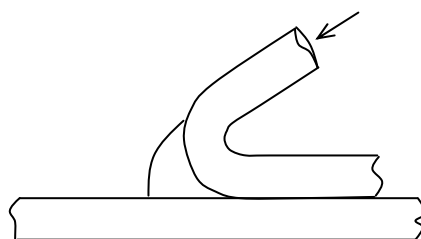
Сварка скоростными форсунками обеспечивает по сравнению с круглыми форсунками в два раза большие скорости сварки и большую безопасность. Применяются специальные форсунки, в которые вставляется проволока с предварительным нагревом. Выход воздуха из сопла форсунки к плите узкий и нагревает лишь узкую необходимую зону плиты. Для проволоки определенных диаметров и профиля имеются специальные форсунки.



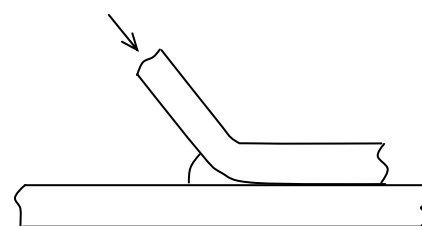
Сварка горячим газом с помощью круглого прутка



Правильное использование сварного прутка



Неправильное использование недопустимое растягивания



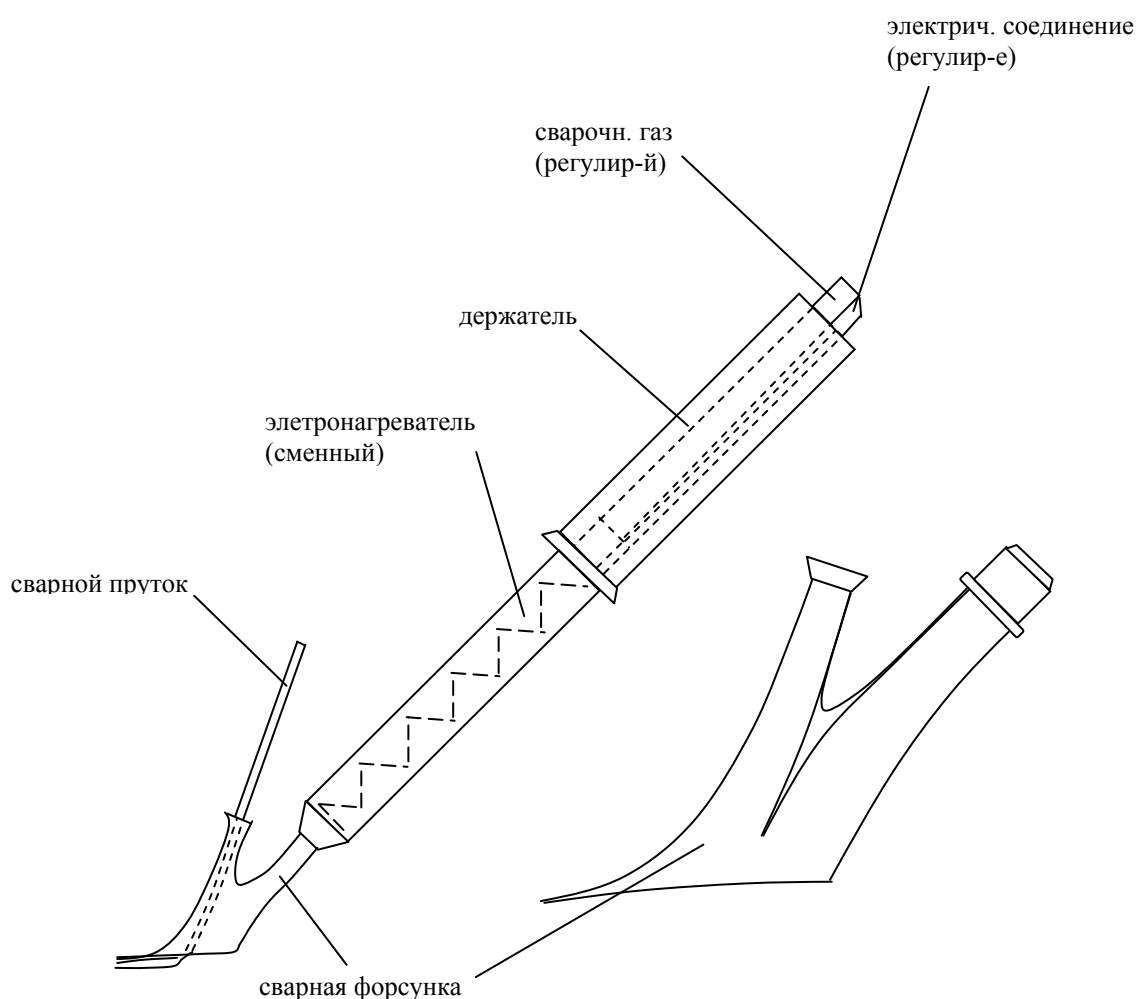
Неправильное использование недопустимая осадка

Применение прихваточных форсунок

Сварка такими форсунками служит для фиксации свариваемых деталей. При этом подводится горячий воздух, но без дополнительной проволоки, и происходит расплав кромок. Прихваточные форсунки обязательно применяются при V-образных швах для достижения безупречного соединения корневой зоны и исключения концентрации напряжения при изгибе. Рекомендуется применять такие форсунки и тогда, если, например, свариваемая деталь имеет снаружи присоединительные элементы и др.

Дефекты сварки

- Плита и проволока нагреты неравномерно (зоны сварной проволоки слева и справа нагреты неравномерно).
- Температура и количество воздуха не соответствуют друг другу.
- Плита и проволока недостаточно очищены.
- Воздух не очищен от влаги, масла и пыли.
- V-образные швы не прихвачены.
- Внутри сварочного шва имеются воздушные пузырьки.
- Сварная проволока по объему недостаточна, чтобы заполнить канавку в зоне сварки.
- Плиты не выровнены.
- Слишком быстрая сварка: сварочная проволока осталась круглой и недостаточно сформована, в результате чего соединение не сварено или сварено не полностью.
- Из-за высокой температуры сваривания возникает термический дефект. Кажущееся преимущество быстрой сварки сводится на нет из-за термического повреждения молекулярных цепочек, причем, в крайнем случае, первоначальное образование с длинными цепочками почти целиком переходит в исходную мономерную форму. Это имеет место особенно при сварке полиэтилена и полипропилена.



Последующая обработка швов

Как правило, сварные швы остаются без дополнительной обработки. Однако их можно обрабатывать: строгать, шлифовать, снимать напильником, при этом надо следить, чтобы не образовывались канавки, царапины, надрезы. После многократной шлифовки каждый раз более тонкой наждачной бумагой сварные швы можно также полировать (напр., при сварке PVC, PETG).

Таблица с ориентировочными данными приведена на с. 21.

Свариваемость различных типов материалов

В принципе, свариваются пластики лишь одного вида, т.е. PP с PP, и в одном виде - пластики с одинаковыми или близкими молекулярными весами и плотностью, причем цвет можно при этом не учитывать. На практике это означает, что определенные материалы в принципе можно сваривать между собой с достаточной степенью надежности лишь внутри одной или двух соседних групп по индексу плавления. Указанные группы материалов можно найти в определениях форм по DIN 16776 (PE) и DIN 16774 (PP). Релевантные для сварки величины MFR также можно позаимствовать из наименования формовочных масс. Мягкий и жесткий PE сваривать друг с другом нельзя.

Единственным исключением является возможность получения сварных соединений достаточной прочности при сварке твердого PVC и акрилового стекла.

PE высокой плотности (PE-HD)

Детали трубопроводов группы плавления с индексом 005 (MFR 190/5:0,4-0,7 г/10мин.), группы 010 (MFR 190/5:0,7-1,3 г/10мин.) или группы 003 (MFR 190/5:0,3г/10мин.) и 005 (MFR 190/5:0,4-0,7 г/10мин.) пригодны для сварки друг с другом. Это значит, что вязкость расплава, т.е. характеристика плавления, при нагреве очень похожа. Это высказывание содержится в DVS 2207 часть 1 (DVS - Немецкий союз сварщиков) и подтверждается в сообщении DVGW (Немецкий союз по газу и воде).

PP тип 1 (PP-H) и тип 2 (PP-C, PP-R)

Свариваемость указана в пределах группы индекса плавления 006 (MFR 190/5:0,4-0,8 г/10мин.). Это утверждение Вы можете найти также в DVS 2207 часть 11.

PVDF (поливинилиденфторид)

На рынке представлены два типа PVDF, изготавливаемые различными способами: эмульсионный и суспензионный PVDF. Не вдаваясь в подробности, следует сказать, что полуфабрикаты по обоим способам могут свариваться между собой с высоким качеством соединения.

Директива **DVS 2207 часть 15** касается как сварки с помощью нагревательных элементов, так и муфтовой сварки экструдированных труб или деталей, литых под давлением. Директива может использоваться и для таких полуфабрикатов, как плиты и др.

СВАРКА С ПОМОЩЬЮ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Нагрев осуществляется через металлический нагревательный элемент. Перенос тепла из-за прямого контакта намного интенсивней, чем при сварке горячим воздухом, распределение тепла по сечению материала более благоприятное, ни одна из зон не нагревается больше, чем требуется для сварки. Поэтому получаются соединения без каких-либо внутренних напряжений. Сварка при данном способе осуществляется путем сжатия нагретых поверхностей с заданным давлением и охлаждения без снятия этого давления. Современные приборы оснащены функцией регистрации данных, позволяющей составлять протоколы сварки.

Для качества сварки решающими являются следующие факторы (см. также рис. С. 5):

а) Предварительная разделка шва

Чистота свариваемых деталей и нагревательного элемента и при данном способе является важнейшим условием. Тефлоновые пленки или покрытия облегчают очистку греющих поверхностей и препятствуют налипанию пластика на греющий элемент. Это особенно необходимо при сварке PVC.

б) Температура нагревательного элемента

Как правило, для полуфабрикатов большей толщины требуются более низкие температуры нагрева в пределах допусков (см. табл. на стр. 21-24) при соответственно более длительном времени нагрева.

с) Время выдержки нагревательного элемента над свариваемым материалом

Отлично выровненные свариваемые поверхности выдерживают над нагретым инструментом равномерно и под давлением, указанным на стр. 21-24, до тех пор, пока не появится утолщение (наплыв) расплавленного материала.

d) Время подогрева

В последующем отрезке общего времени такта давление во время подогрева линейно уменьшают до нуля, чтобы достигнуть более равномерного теплового потока в материале. Исключается резкая тепловая зона между пластичным и непластичным состоянием материала.

e) Время соединения свариваемых частей

Для сваривания с высоким коэффициентом прочности сварного шва (см. стр.15) быстрое соединение свариваемых частей является решающим фактором. Это особенно относится в PVC.

f) Время соединения (сцепления)

Во время соединения, т.е. время, в течение которого полностью происходит снижение давления, давление повышается относительно медленно. Мгновенное включение полного давления сцепления могло бы выдавить пластичный материал из зоны сварки. В результате этого снизился бы коэффициент прочности сварного шва.

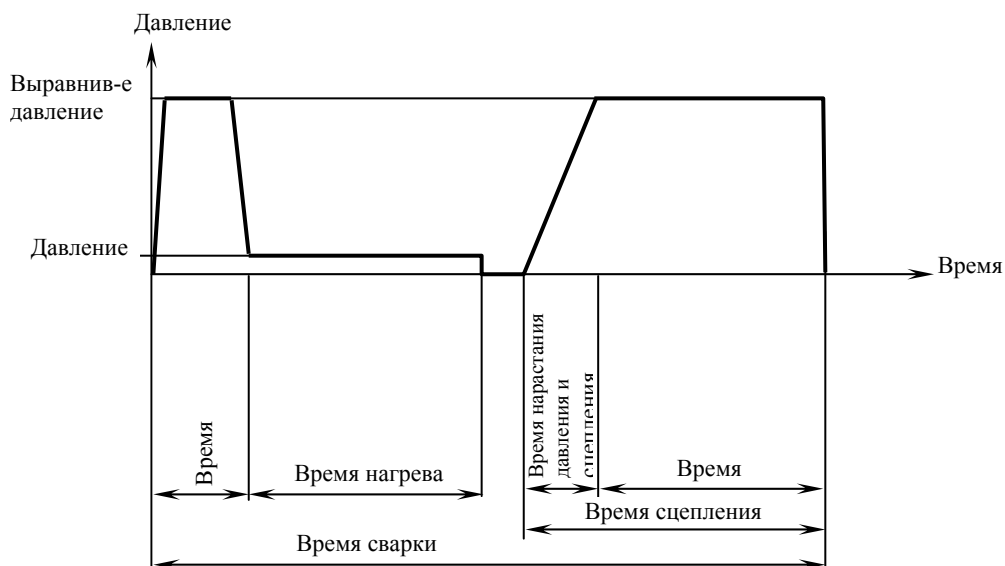
g) Давление сцепления и время охлаждения

Эти показатели зависят от материала и толщины стенки. После охлаждения до комнатной температуры при давлении соединения достигается полная прочность сварного шва. Деталь можно извлекать из сварочной машины.

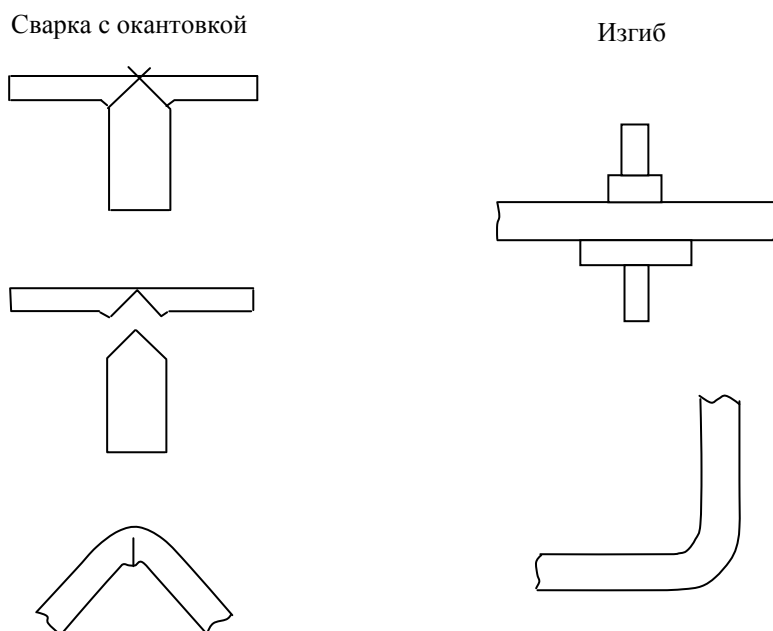
Сварка и изгибом

Этот комбинированный способ (см. рис. на стр.5) является разновидностью способа с использованием греющего элемента при сварке встык. Нож сварочного элемента проникает в расплавляемый материал. При большой толщине плиты до расплавления поверхности на ней можно выфрезеровать или пропилить канавку, чтобы снизить время нагрева и не подвергать длительному нагреву материал. При достижении требуемой глубины расплава - $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ толщины плиты – от ножа поступает такое количество тепла, что при изгибе получается хорошая термоформовка. Обычно нагревающий нож имеет угол 70° , так что при изгибе под 90° получается безупречное соединение. При изгибе под более тупым углом применяют соответственно более острые ножи.

Давление/время – диаграмма: ход сварки при стыковой сварке с греющими элементами



При изгибе более длинных профилей после охлаждения часто обнаруживается заметная выпуклость. Помимо продольной деформации, в сварной зоне усиливаются также напряжения от усадки при охлаждении, которые могут усиливаться собственными напряжениями, которые возникают в самом материале при изготовлении, на что следует обращать внимание. Узкие боковые стороны угла приводят к более сильным деформациям, широкие, и соответственно, более жесткие стороны - к меньшим деформациям. Кроме того, целесообразно при значительной толщине плит осуществить нагрев их обратной стороны с помощью второго греющего ножа (с толщиной греющей поверхности не менее двукратной толщины плиты) или с помощью горячего воздуха, чтобы исключить нежелательные напряжения.



Далее мы рекомендуем при толщине плиты 10мм и более перед сваркой выфрезеровать V-образную канавку на глубину до 50% толщины плиты. Эта канавка нужна для того, чтобы исключить чрезмерное выдавливание расплавленного материала из зоны шва. Кроме того, время цикла сварки сокращается, так как сокращается время охлаждения.

Ориентировочные значения для изгиба на окантовочно-гибочной машине Вегенера типа VM 201

		Установленная температура, °C		Время, сек. на 1 мм толщины
		вверху	внизу	
Окантовка	PE	200	140	30
	PP	220	150	45
	PVDF	230	160	45
Изгиб	PVC	220	170	30

Способы сварки:

Для неразъемных соединений труб и формованных фитингов фирмы Simona мы рекомендуем проверенные практикой способы сварки:

- сварка встык с использованием греющих элементов
- Сварка с помощью муфт с использованием греющих элементов (см. стр.9)
- Сварка с помощью муфт с нагревательной спиралью (см. стр. 10).

Контактная стыковая сварка труб и формованных деталей с применением нагревательных элементов (см. рис. на стр.7)

Основные условия для контактной стыковой сварки и сварки с помощью муфт с нагревательным элементом в виде спирали.

Участок для сварки оберегать от неблагоприятных атмосферных воздействий (напр. воздействия влаги, ветра, сильных солнечных лучей и температуры ниже 0°C). Если за счет соответствующих мероприятий:

- предварительный нагрев,
- накрывание,
- нагрев

установлено, что требуемая для сварки температура достигнута и равномерно распределена на стенке труб, то можно работать при любой наружной температуре. При попадании на трубы солнечных лучей неравномерность нагрева можно устранить путем своевременного накрывания свариваемых участков труб.

Соединительные поверхности свариваемых деталей следует очистить от загрязнений. Очистку проводить сразу же перед сваркой. Это относится и к нагревательному элементу, который надо очистить, напр., очистителем для PE и не ворсистой бумагой. Чтобы исключить прилипание трубы к нагревательному элементу или наоборот облегчить разъединение свариваемых труб, поверхность надо покрыть тефлоном. Чтобы исключить охлаждение труб при сварке при сильном ветре, противоположные концы труб следует закрыть.

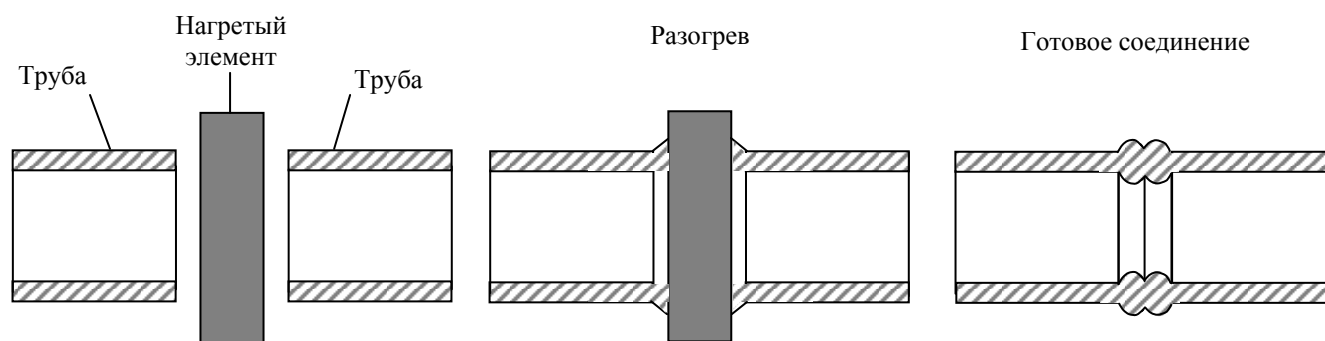
Перед стыковой сваркой с использованием греющего элемента торцы труб нагревают до температуры сварки и сразу же прижимают друг к другу после удаления греющего элемента.

Подготовка сварного шва

Части трубопровода перед зажатием соосно выравнивают в сварочном аппарате.

Продольная подвижность труб обеспечивается известным способом, напр., с помощью регулируемых роликовых блоков.

Принцип стыковой сварки нагретым элементом



Соединяемые поверхности обрабатывают механически в зажатом состоянии, снимают стружку не более 0,2 мм, попавшие в трубы опилки, удаляют. К свариваемым поверхностям нельзя прикасаться руками. После механической обработки проверить параллельность плоскостей. Щель не должна превышать размеры, приведенные в таблице. Одновременно следует проверить, чтобы смещение концов труб не превышало 10% толщины стенок. При необходимости толщину стенок следует выровнять, сняв часть толщины механически.

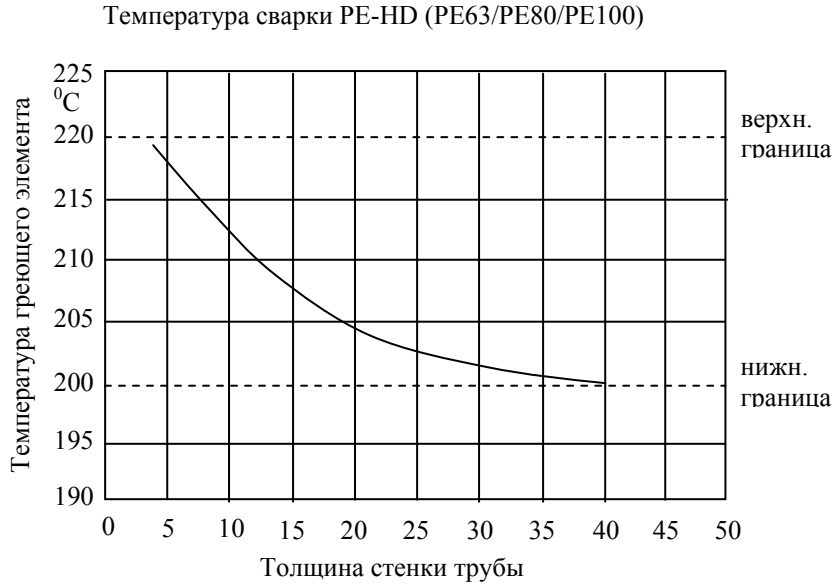
Максимальная ширина щели после механической обработки

Наружный диаметр d, мм	Ширина щели a, мм
≤355	0,5
400 – <630	1,0
630 – <800	1,3
800- ≤1000	1,5

Процесс сварки

Нагретый до температуры сварки нагревательный элемент (значения для PE см. в табл.) помещают между свариваемыми отрезками, и концы труб прижимают с двух сторон с определенным давлением. Для PVDF температура составляет $240 \pm 8^\circ\text{C}$, для PP $210 \pm 10^\circ\text{C}$.

Контроль температуры осуществляется с помощью быстродействующего поверхностного термодатчика, в данном случае, с использованием контактной жидкости или термических штифтов или расплава солей.



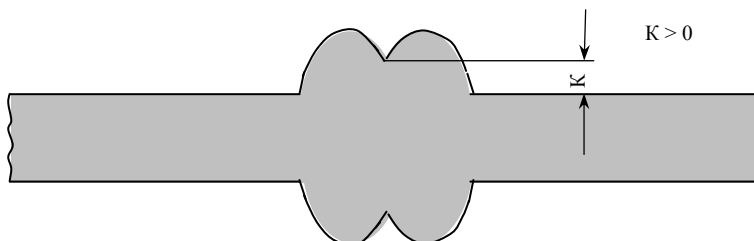
Требуемое выравнивающее прижимное усилие можно рассчитать, исходя из свариваемой площади и удельного давления. Обычно производители сварочных машин называют величину в табличной форме, так как большинство аппаратов не оснащены измерительными приборами давления, а работают с гидравликой. К данному давлению следует добавить усилие движения инструмента, которое зависит от трения между деталями машины и веса свариваемой детали. Процесс выравнивания можно считать законченным, если на всем протяжении свариваемых деталей образуется выпуклость, как приведено в таблице на стр. 21-24. Во время начавшегося сейчас процесса нагрева давление сжатия постепенно снижается до 0. После подогрева стыкуемые поверхности нужно осторожно освободить от нагревателей. Время на разъединение свариваемых поверхностей, извлечение нагревателей и соединение стыкуемых поверхностей называется временем подготовки к сварке и оно должно быть минимальным.

Свариваемые поверхности должны соприкасаться со скоростью близкой к 0. После чего давление медленно повышают. Время см. на стр. 21-24. Прижим сохраняется до полного остывания. Указанные в таблице данные по величине прижима различны для труб и плит.

Резкое охлаждение или применение охлаждающих сред недопустимо. При большой толщине стенок труб, напр. начиная с 20 мм, накрывание зоны сварного шва при охлаждении обеспечивает более равномерное охлаждение и соответственно более высокое качество сварного соединения. После сварки по обе стороны от стыка должны образовываться два валика (см. рис.).

Если требуется снять валик, то лучше всего это сделать до полного охлаждения, так как снятие холодного материала может привести к образованию рисок. При твердых материалах, таких как PVDF, может произойти разрушение материала.

Образование валиков при стыковой сварке



СВАРКА С ПОМОЩЬЮ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Труба и деталь трубопровода свариваются внахлестку. С помощью нагревательного элемента в виде муфты или штуцера обе поверхности нагревают до температуры сваривания, после чего их соединяют. Нагревательный элемент и муфта подобраны по размеру так, что при их соединении необходимо приложить какое-то давление. При диаметре труб:

- ≥ 63 мм РЕ высокой плотности и РР
- ≥ 50 мм PVDF применяется соответствующее сварочное оборудование.

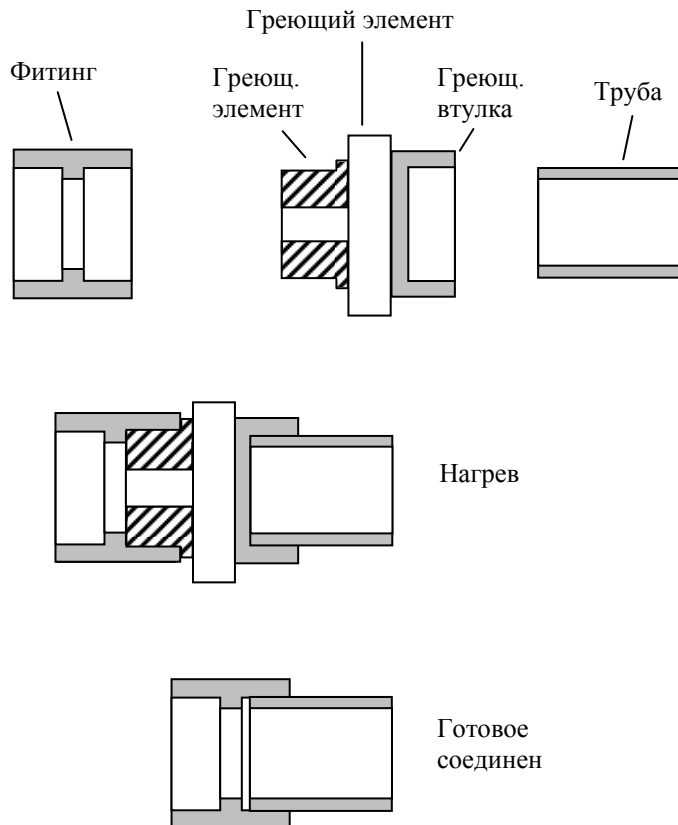
Подготовка сварного шва

Соединительные поверхности трубы механически снимают соответствующим инструментом или циклей. Фитинг очищают изнутри чистящим средством (напр., очистителем Tangit фирмы Henkel) и основательно промокают не ворсистой бумагой. На трубе снаружи делают скос примерно в 15° ,

- шириной 2 мм при диаметре трубы до 50мм и
- шириной 3 мм при большем диаметре.

При ручной сварке на трубу нанести метку, чтобы знать глубину вставки конца трубы в нагревательный элемент.

Принцип муфтовой сварки с греющим элементом



Процесс сварки

Нагревательный инструмент греют до температуры $260 \pm 10^\circ\text{C}$. Контроль температуры определяют быстродействующим поверхностным измерителем температуры, в частности, с использованием расплава солей. Для нагрева сначала вводят фитинг до упора, затем насаживают или вставляют до метки конец трубы.

Свариваемые части греют в течение времени, приведенного в таблице на стр.24.

По истечении заданного времени фитинг и трубу резко снимают и, не поворачивая, вставляют до метки или до упора в фитинг. Детали оставляют в зафиксированном положении на время, равное времени нагрева.

СВАРКА С ПОМОЩЬЮ ФИТИНГОВ С НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СПИРАЛЬЮ ВНУТРИ

Основные условия

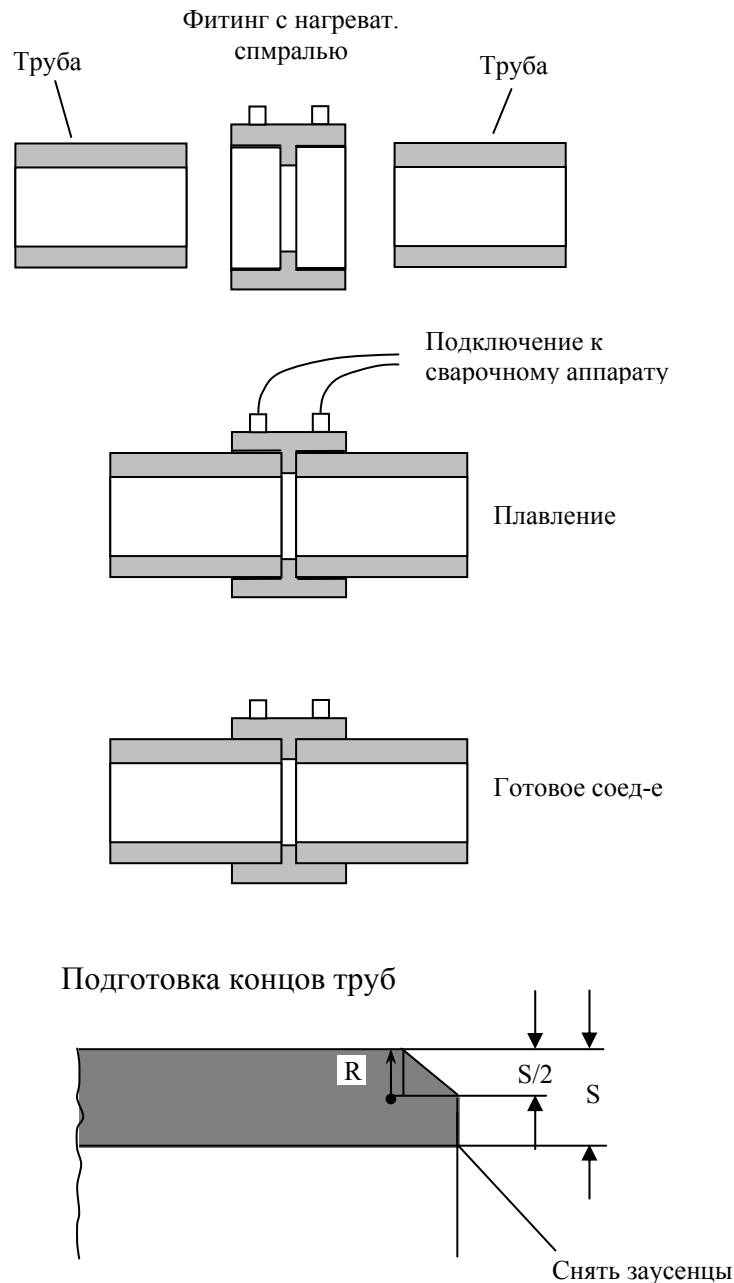
Соединяемые поверхности, т.е. труба и внутренняя стенка муфты свариваются с помощью нагрева спирали, заделанной в теле муфты, электрическим током до температуры сваривания. Данный способ применяют для сварки PE-HD и PP.

Подготовка шва (см. 2 рис. С.10)

Для безупречной сварки этим способом чистота поверхности имеет решающее значение. Поверхности трубы зачищают шабером или циклей. Внутри трубы снять заусенцы, а снаружи ее закругляют по радиусу, равному половине толщины стенки трубы. Фитинг очищают изнутри чистящим средством (напр., очистителем Tangit фирмы Henkel) и основательно промокают не ворсистой бумагой. Отклонение от круглости трубы не должно превышать 1,5% по наружному диаметру.

При насаживании фитинга надо следить, чтобы не было перекоса и чтобы не прилагалось слишком большое усилие, которое могло бы повредить или сместить спираль.

Принцип сварки труб с муфтой и нагревательной спиралью



Процесс сварки

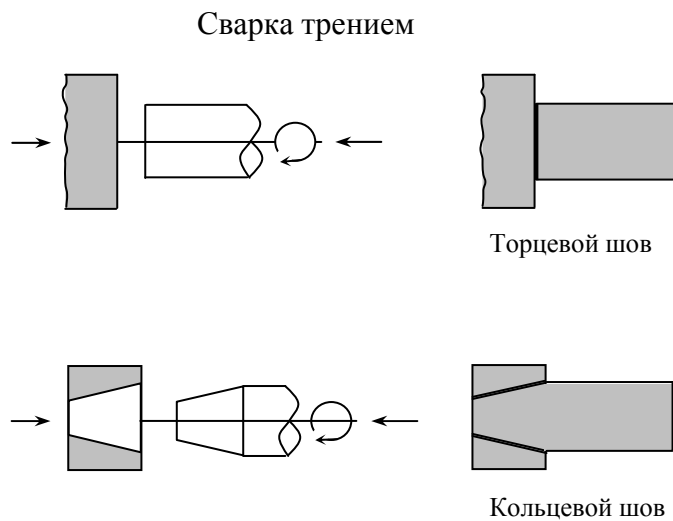
Допускается использовать лишь сварочные аппараты, указанные для данного типа фитинга. Параметры сварки определяют и выставляют на аппарате до начала процесса в соответствии с диаметром и номинальным давлением трубы. Сварочный аппарат соединяется с фитингом кабелем, и сварка протекает автоматически, на современных аппаратах при сварке составляются протоколы. Соединение можно нагружать лишь после охлаждения.

СВАРКА ТРЕНИЕМ

Способ

При сварке трением соединение происходит без подвода тепла и в основном без вспомогательных материалов, требуемая энергия образуется от взаимного трения свариваемых деталей по поверхностям соединения и приложения давления.

При этом чаще всего одна деталь зафиксирована неподвижно, а вторая вращается, при этом соединяемые поверхности могут быть или торцевыми или охватывающими друг друга.



Подготовка сварки (рис)

Соединяемые поверхности свариваемых деталей не должны иметь загрязнения. Чистящие средства, вызывающие растворение или набухание пластика, применять недопустимо.

Для удачной сварки очень важна геометрическая форма деталей. При соединении встык деталей диаметром до 30-40мм требуется поперечная обточка, в то время как для деталей диаметром более 40мм требуется механическая обработка одной или обеих соединительных поверхностей в виде сферы. Тонкостенные детали (трубы) необходимо в зоне сварки подпереть соответствующим способом.

Процесс сварки

Свариваемые детали зажимают в устройстве, после чего одна деталь при вращении прижимается к другой, чаще неподвижной детали. При достижении температуры сваривания, нужный момент определяется тем, что на периферии выделяется тестообразный материал, блокировка с неподвижной детали снимается и продолжается совместное вращение обеих деталей. Такое вращение необходимо как можно быстрее прекратить и детали выдерживают так до полного охлаждения.

Существенные параметры при сварке трением:

Давление при разогреве: Давление, при котором соединительные поверхности прижимаются друг к другу

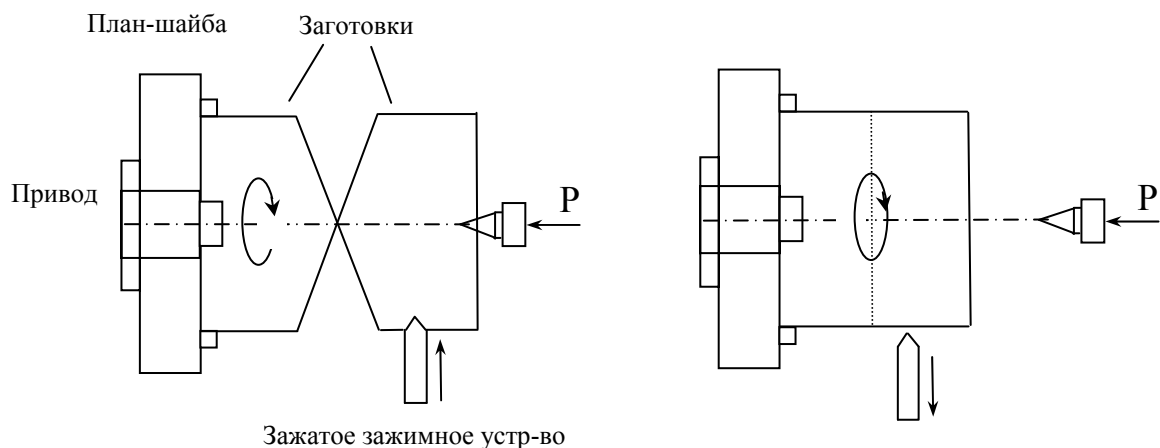
Время разогрева: Время, в течение которого давление является эффективным

Давление при стыковании: Давление для соединения свариваемых деталей.

Время сцепления: Время, в течение которого давление сцепления действует.

На рис. представлен принцип сварки трением.

Слева: подготовка к сварке, справа: готовая сварка.



Устройство: планшайба, привод, стопорное приспособление в зажатом состоянии (справа): конец конуса, стопорное приспособление в свободном состоянии.

В зависимости от диаметра свариваемых поверхностей, при сварке работают с окружной скоростью около 1-4 м/сек. Материалы для сварки и взаимосвязанные с ними условия (напр. скорость трения, давление при разогреве и стыковании) должны определяться сварщиком заранее при опытной сварке деталей аналогичного назначения. Давление при разогреве и стыковании составляет для олефинов и PVC-U около 0,5-1,5 N/мм². При этом давление трения следует держать на таком минимальном уровне, чтобы ставший пластичным пластик не выбросило центробежной силой.

ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА

Данный способ применяется, в частности, при сварке толстостенных деталей. Сварка ведется с добавками. Для PVC этот способ применим лишь условно. Экструдер при сварке не должен останавливаться (из-за опасности разложения).

Для PVDF необходимо использовать по согласованию с изготовителем специальные шнеки.

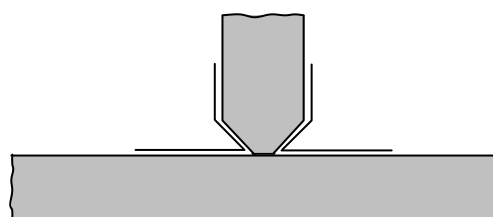
Подготовка

Непосредственно перед свариванием поврежденные места в зоне сварки (в особенности от экологических и химических воздействий) следует удалить вплоть до неповрежденного материала. Чистящие средства, воздействующие агрессивно на материал или изменяющие материал, использовать нельзя. Мы рекомендуем при данном способе работать всегда вдвоем.

Температура

	Температура экструдата, замеренная на выходе из форсунки, °C	Температура воздуха, замеренная в форсунке подачи теплого воздуха, °C	Количество воздуха, литров/мин.
PE твердый	200-230	210-240	350-400
PP	200-240	210-250	350-400
PVC-U	170-180	230-250	350-400
PVDF	240-260	240-270	350-400

Очистка зоны сварки



Зона подготовки

Влияние влажности

Пластики и сварочные добавки из полиолефинов могут при определенных условиях поглощать влагу. Исследователи видных производителей и фирмы SIMONA получили следующие совпадающие данные:

Сварочная добавка принимает влагу в зависимости от материала и окружающей среды. При экструзионной сварке наличие влаги может проявиться в форме раковин в шве или грубой поверхности шва. Этот феномен усиливается с увеличением толщины шва (величина a).

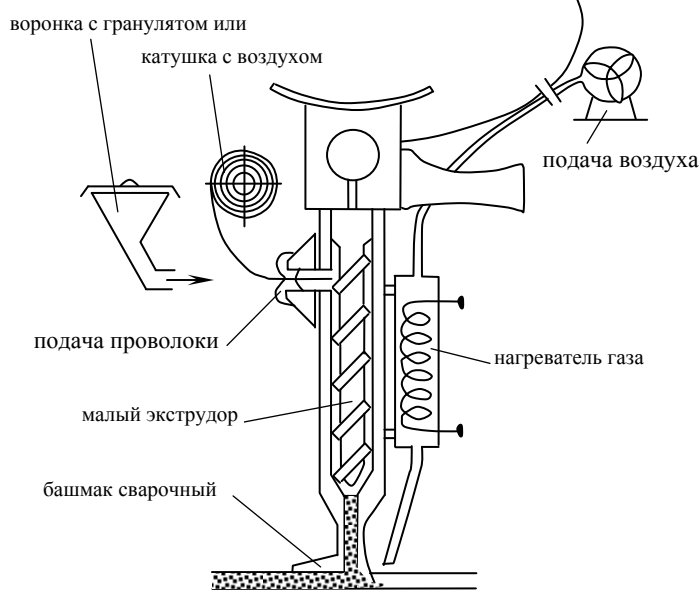
Чтобы исключить фактор «влага», мы рекомендуем соблюдать следующие моменты:

- Установка влаго- и масло-сепараторов в системе подачи воздуха,
- Не допускать разности температур свариваемых деталей (конденсатная влага),
- Сварочные добавки хранить по возможности в сухом месте,
- Просушить сварочные добавки при температуре 80°C не менее 12 час,
- Швы с большим размером a ($>18\text{мм}$) сваривать за несколько проходов.

Сварочный аппарат

При переносном сварочном аппарате, под которым понимается аппарат с небольшим экструдером, в качестве пластифицирующего блока, который работает от электродвигателя (ручная дрель). Для предварительного нагрева сварного шва используется воздуходувка или обычный воздушнонагреватель с подключением к источнику сжатого воздуха.

Экструдер



Экструзионная сварка с использованием горячего газа характеризуется следующими признаками:

- Сваривают с использованием добавок одинакового типа
- Добавку полностью пластифицируют до однородного состояния
- Стыкуемые поверхности нагревают горячим воздухом до температуры сварки
- Экструдированная масса распределяется и выравнивается скользящим башмаком
- По сравнению со способом сварки горячим газом достигается сокращение цикла при высоком качестве шва. Экономия за счет сокращения цикла сварки.

Форма сварочного башмака

Экструзионная сварочная добавка распределяется и прижимается скользящим башмаком. От формы башмака зависит:

- Объем заполнения
- Скорости заполнения
- Угол встречи
- Растекание материала
- Закрытие шва
- Равномерность давления.

Сварочные башмаки должны соответствовать форме шва. В принципе, чем шире шов, тем длиннее должен быть башмак (см. также DVS 2207-4).

В качестве материала для сварочного башмака подходят только пластики с высокой термостойкостью, хорошо себя зарекомендовал PTFE. Помимо высокой термостойкости, этот материал обладает хорошими скользящими свойствами.

На рисунках изображены формы сварочных башмаков для V-образного шва и углового шва.

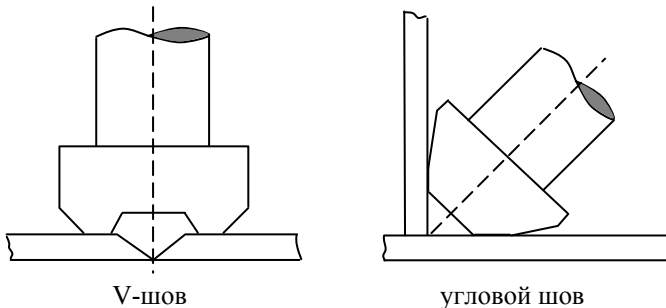
Последующая обработка шва

В принципе сварной шов можно выполнить так, что не потребуется никакая дополнительная обработка.

Экструзионные сварные швы должны иметь равномерную гладкую поверхность и безупречно сваренные пограничные зоны.

Для исключения образования канавок в корне шва подварочный шов сваривают с нагревом. Выступающий по краям сварочного башмака экструдированный материал удаляют с помощью соответствующей цикли, особенно если соединение предназначено для больших нагрузок.

Образование сварного башмака



Предотвращение образования полостей в сварочном шве

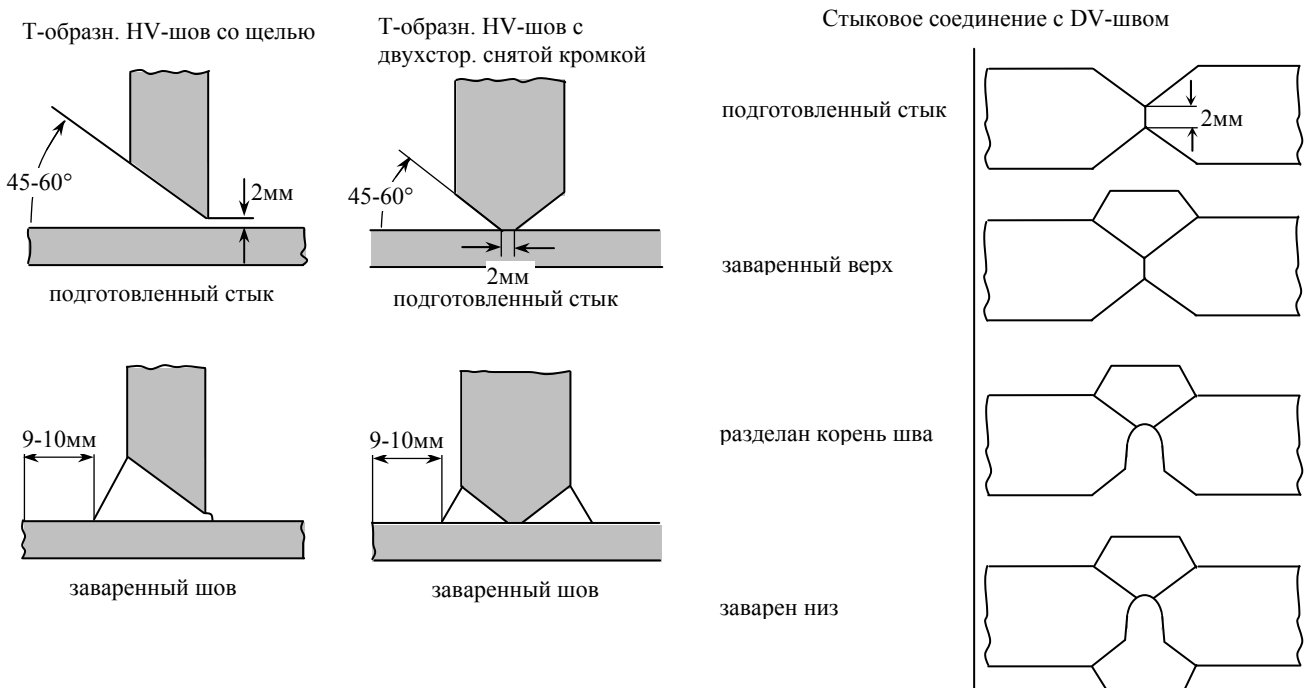
Полости образуются лишь после процесса сварки. Их можно предотвратить изменением скорости охлаждения, геометрией сварочного башмака, но не варьированием параметров сварки. Полости возникают особенно при большой толщине стенки и при низких рабочих температурах (но не температурах сварки).

Они возникают из-за того, что после застывания поверхности шва на ней образуется пленка, которая противодействует объемной усадке. Как следствие, неизбежно возникают полости. Медленное охлаждение не приводит к образованию воронок, оно достигается тем, что сварочный шов накрывают тканью, которая обладает достаточной термостойкостью.

При этом также устраняются напряжения в зоне шва.

Формы швов (см. рис.)

T-образный стык, HV-шов (половинный V-образный шов), угловой шов, DV(двойной)- V-образный шов. Верхний ярус g служит для скольжения и направления сварочного башмака.



Влияющие величины и внешние воздействия, определяющие безупречное качество стыковых швов

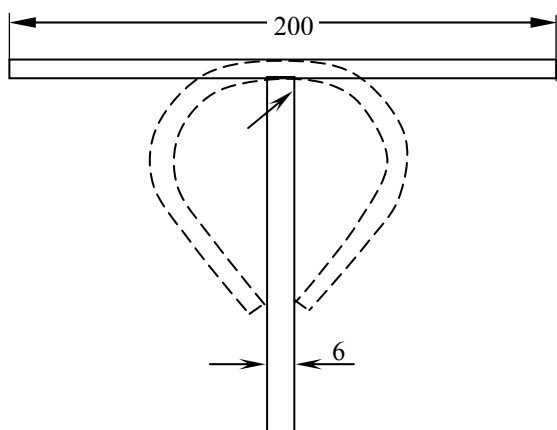
- Температура сварочной присадки
- Температура основного материала
- Температура сварочного газа
- Массовый расход сварочной добавки
- Количество греющего газа
- Скорость сварки
- Сварочное давление

ИСПЫТАНИЯ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ ШВОВ

Испытания ручные

Рекомендации DVS 2203 часть 5 гласят: “Выполнение этих технологических испытаний - это простой метод заводского ориентировочного контроля. По затратам сил этот метод целесообразно использовать при толщине образцов до 10мм.

Образец длиной с обработанным сварным швом изгибают через планку толщиной 6мм с закругленными краями с плавным приложением силы (см. рис. ниже) до разрыва или до соприкосновения концов образца с планкой“.



Коэффициент прочности сварного шва (испытания на разрыв)

Схема ручного испытания DVS 2203, часть 2

Коэффициент прочности сварного шва указывает соотношение предела прочности на растяжение сварного шва σ_1 к пределу прочности на растяжение основного материала σ_0 : (σ_1 / σ_0) .

Кратковременный коэффициент прочности сварного шва используют для краткосрочных нагрузок до одного часа. При расчете конструкций применяют только долгосрочный коэффициент прочности сварного шва.

Кратковременный и долгосрочный коэффициент прочности сварного шва

	Сварка горячим газом		Сварка встык с нагревательным элементом		Экструзионная сварка	
	Кратковремен.	Долгосрочн.	Кратковремен	Долгосрочн.	Кратковремен	Долгосрочн.
PE-HWU PE-HWST	0,8	0,4	0,9	0,8	0,8	0,6
PP-DWU PP-DWST	0,8	0,4	0,9	0,8	0,8	0,6
PVC-CAW PVC-MZ	0,8	0,4	0,9	0,6	-	-
PVDF	0,8	0,4	0,9	0,6	-	-

Технологическое испытание на изгиб

Это испытание служит совместно с другими видами испытаний для оценки выполненных сварочных работ. Угол изгиба и характер излома позволяют сделать вывод об особенностях формовки соединения и соответственно о качестве сварного шва. Усталостные свойства сварного соединения можно определить по результатам испытаний на изгиб лишь условно.

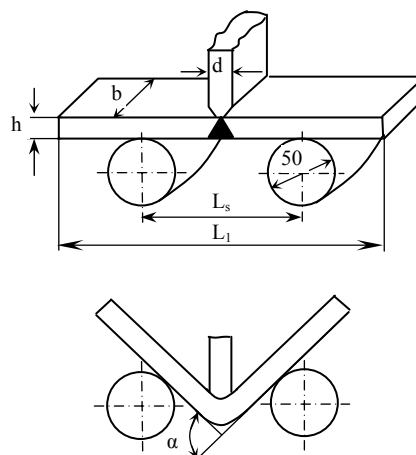
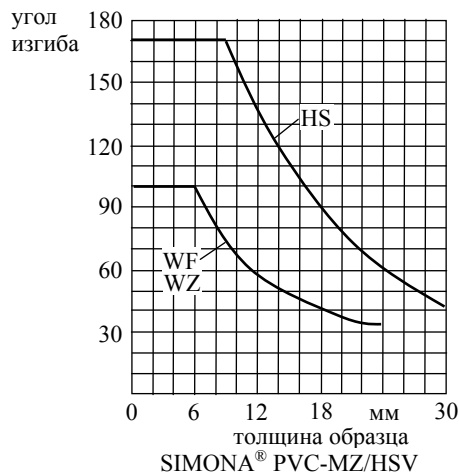
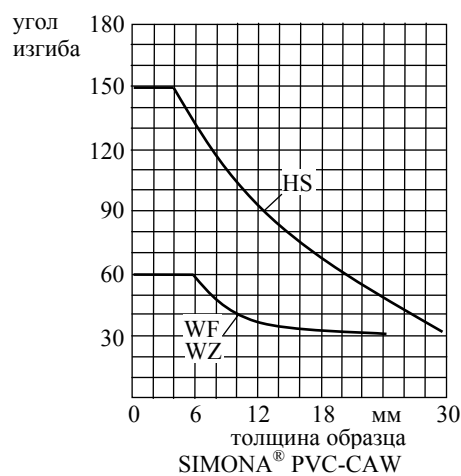
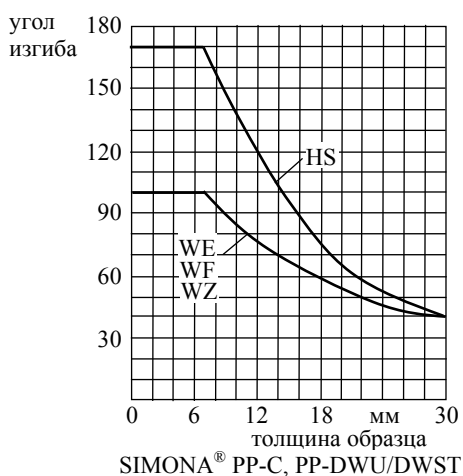
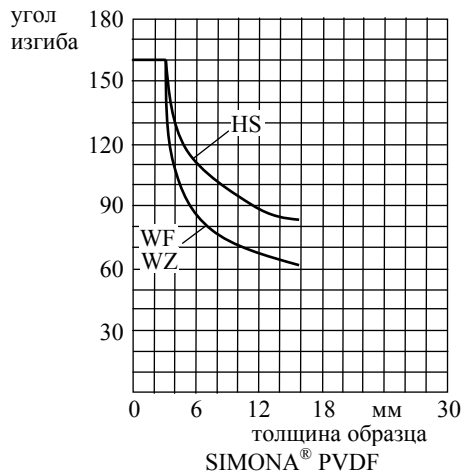
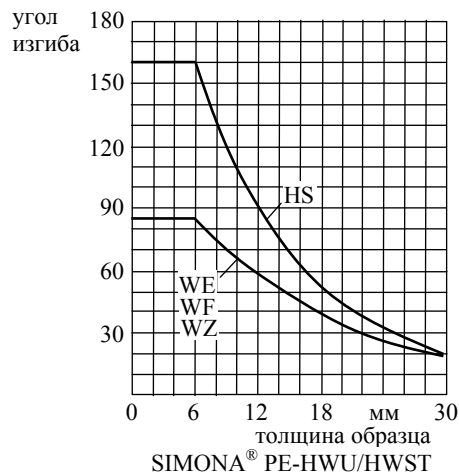


Рис. Схематическое представление механического испытания

Рис. Зависимость минимального угла изгиба от толщины образца для полуфабрикатов SIMONA



HS-сварка встык с греющим элементом
WF-сварка
WZ-сварка
WE-сварка

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

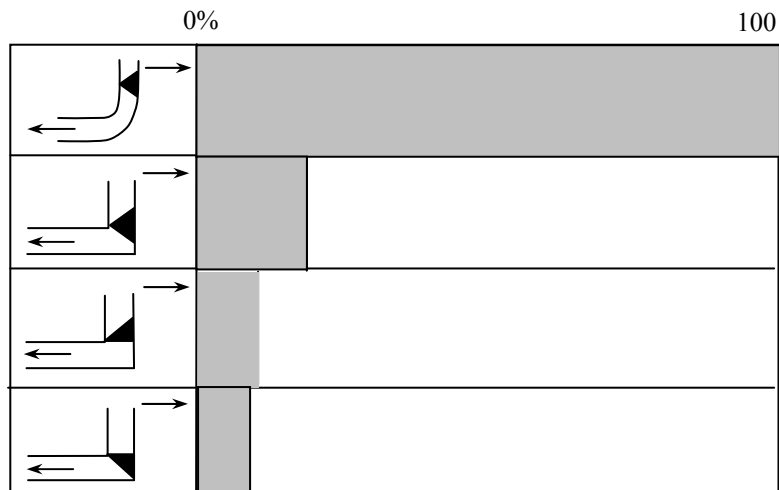
Эффективная несущая способность

Наружные и внутренние надрезы, а также неблагоприятные перепады толщины определяют эффективную несущую способность, которая при некоторых условиях в значительной степени ниже, чем прочность самого материала. Сварные соединения в любом случае являются неоднородными. Поскольку сварные швы в большинстве случаев не подвергаются обработке, то и неравномерности на их поверхности также снижают их эффективную несущую способность.

На рисунке показано 4 различных угловых соединений разного вида. Если эти соединения подвергнуть изгибающей нагрузке, то окажется, что прямоугольные соединения, в основном, более неблагоприятны, чем соединения с закругленной кромкой и с закруглением вне сварного шва. Закругления всегда позволяют беспрепятственный силовой поток и обеспечивают эффективную

несущую способность, которая почти в 10 раз выше, чем обычное прямоугольное угловое соединение.

Угловые сварные соединения:

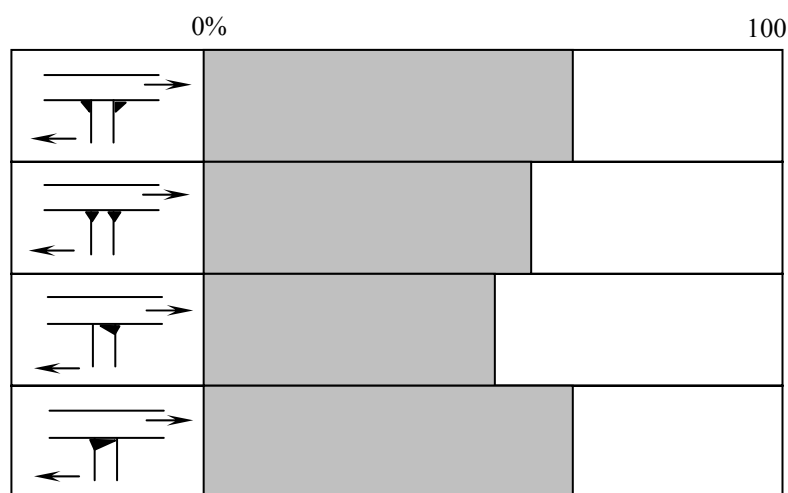


T-образные соединения со швом с одной стороны дают значительно худшие характеристики, чем с двухсторонним швом (см. рис.). Важно также, чтобы со стороны приложения растягивающей нагрузки на детали не было надрезов. Благоприятно для эффективной несущей способности сказывается также наличие на угловом шве закругления, которое положительно влияет на силовой поток.

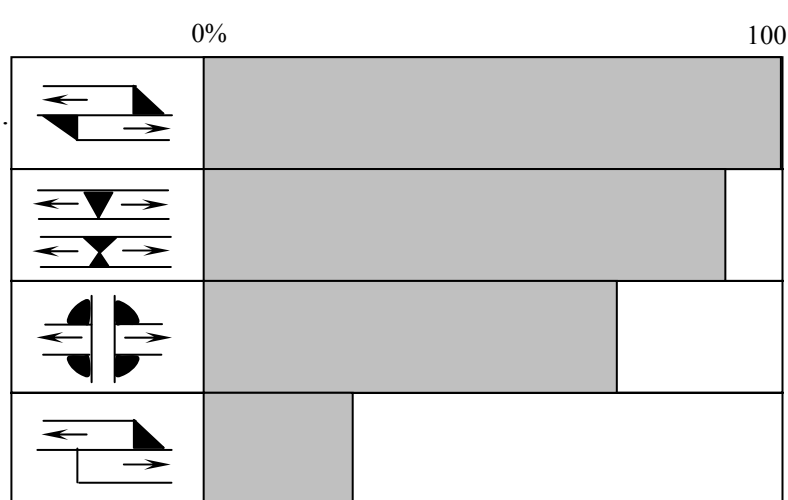
На рис. представлены сварные соединения, которые подвергались растягивающей нагрузке. В зоне шва возникают растягивающие или срезающие напряжения.

Обработанный V-образный шов имеет более высокую эффективную несущую способность, так как силовой поток более свободен и сведены до минимума надрезы и царапины. При простом сварном соединении посредством накладок не возникают ни растягивающие, ни срезающие усилия, ни изгибающие моменты в сварном шве. Эффективная несущая способность очень низкая, так как силовой поток сильно стеснен. В противоположность к этому, соединение с двойной планкой позволяет более благоприятное направление сил. Этот тип соединения имеет более высокую эффективную несущую способность. То же самое относится и к крестовым соединениям

T-образные сварные соединения:



Плоские сварные соединения:



Расположение сварных швов

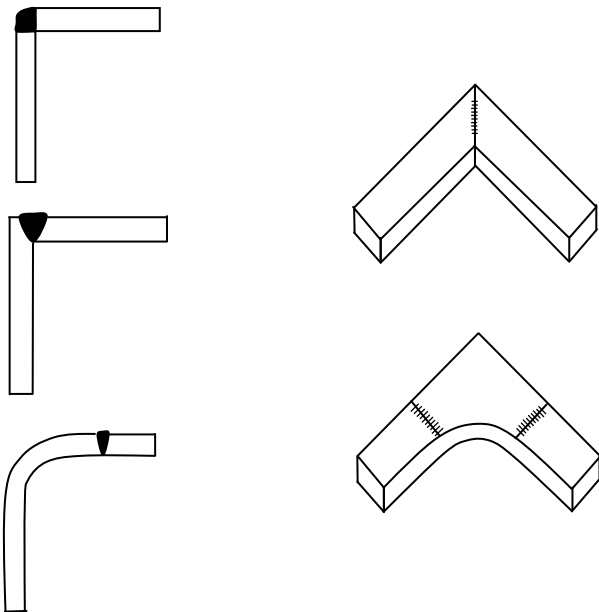
Следующие примеры осуществления следует рассматривать в связи и в дополнение к DVS 2205 лист 3 (Предписание немецкого Союза сварщиков).

При несущих сварных швах или при угловых швах их необходимые размеры должны задаваться с учетом того, чтобы они были достаточны для несения нагрузок. Более предпочтительными являются стыковые соединения.

V-образные швы следует подваривать с корневой стороны. Следует также стремиться, чтобы были плавными переходы при сварке встык плит различной толщины.

Примеры оформления угловых сварных соединений

Стыковые соединения с разной толщиной стенок



Угловой стык

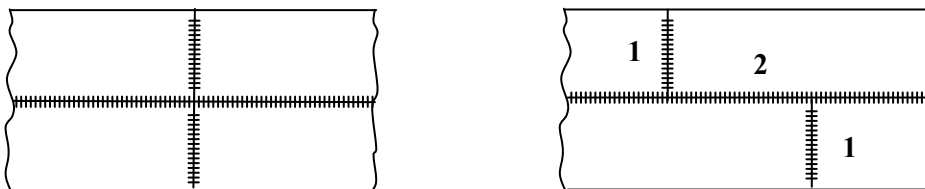
Рамный угол

Неблагоприят

Благоприятно

Скопление сварных швов и их пересечение недопустимо.

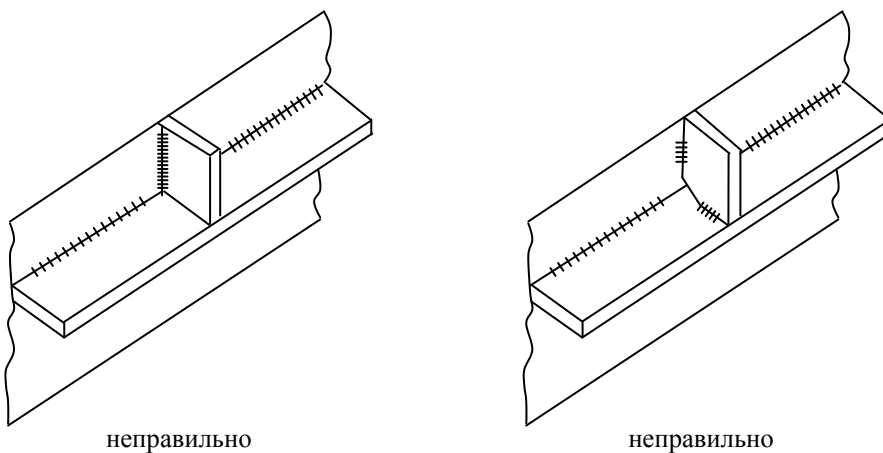
Примеры расположения швов



Перекрещивание недопустимо

1,2 – последовательность сварки

Соединения с усилением

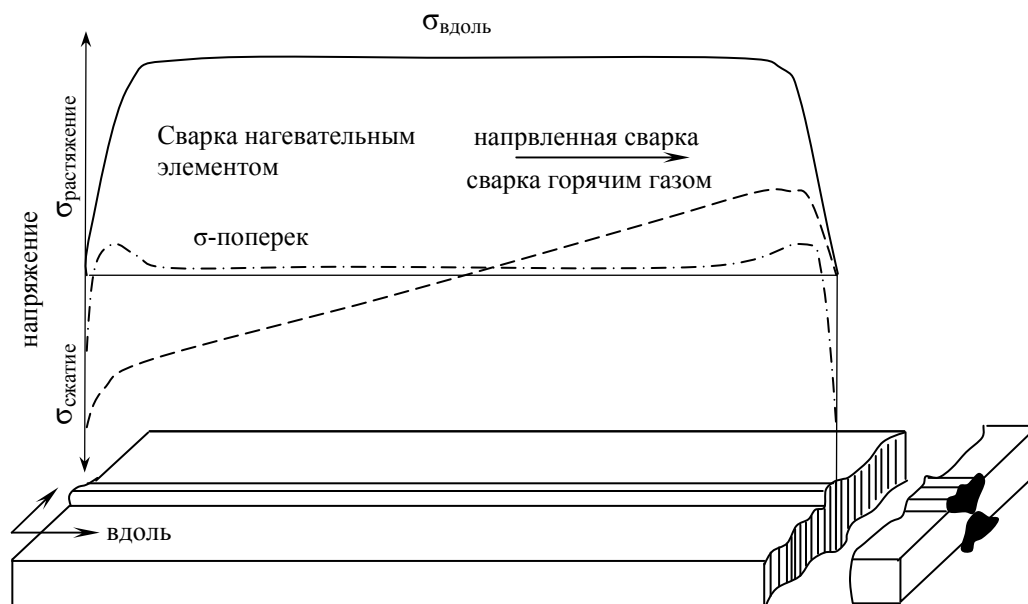


неправильно

неправильно

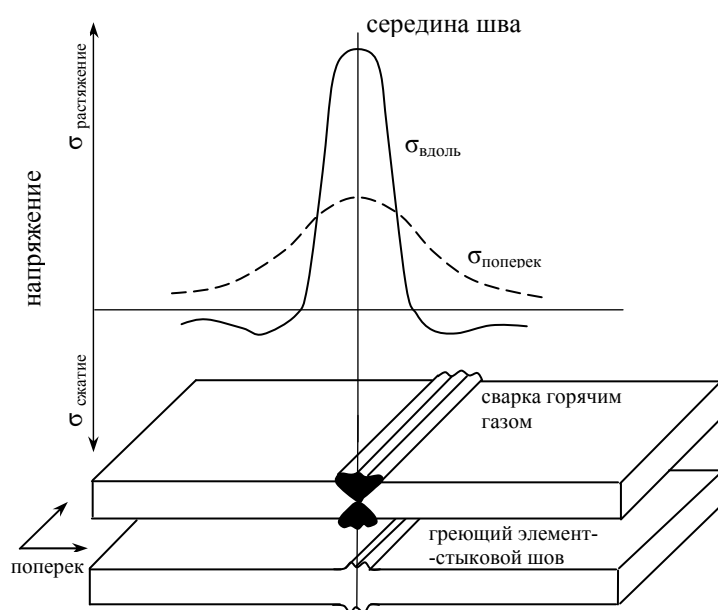
Напряжения

При сваривании пластика могут возникать напряжения в зависимости от способа сварки в различных направлениях: поперек шва, вдоль, а при толстых стенках и в вертикальном направлении. Вызываются эти напряжения из-за местного нагрева и неравномерного охлаждения.



На рис.: характер распределения напряжений при сварке по длине сварного шва при способах сварки с нагревательным элементом и горячим газом (по Менгесу).

При нагреве пластика в сварной зоне возникают напряжения сжатия, вызванные термическим расширением материала, причем при сварке происходит релаксация этих напряжений из-за пластичности термопластиков. При последующем охлаждении возникают термические растягивающие напряжения. Если продольные напряжения в сечении шва не зависят от способа сварки, то поперечные напряжения, возникающие одновременно, зависят от способа. Решающим при этом является то, зажата ли свариваемая деталь или она может свободно давать усадку. При сварке горячим газом ответственным за возникновение поперечных напряжений в процессе сварки являются термические напряжения, возникающие на основе уже упомянутой релаксации напряжений в начальной зоне. Из этого следует факт: в сваренной в последний момент зоне остаются растягивающие напряжения, а в первоначально сваренной зоне они все же нарастают.



На рис.* характер напряжений при сварке по сечению сварного шва вертикально ко шву. Величина напряжения в шве при сварке с нагревательным элементом сильно зависит от величины давления при сварке (по Менгесу).

КОНСУЛЬТАЦИЯ

Наши сотрудники торгового отдела и отдела технического применения имеют многолетний опыт в переработке и применении наших термопластичных материалов. Мы охотно дадим Вам консультацию.

СТАНДАРТЫ ПО СВАРКЕ И СКЛЕИВАНИЮ ПЛАСТИКОВ

Памятные листки DVS

- 2201 Часть 2 испытание полуфабрикатов из термопластиков
пригодность к сварке; способ испытания- требования
- 2203 испытание полуфабрикатов и сварных соединений из термопластиков
- часть 2 испытание на разрыв
- часть 3 испытание на ударное растяжение
- часть 4 испытание на длительную прочность на растяжение
- часть 5 технологические испытания на изгиб
- 2204 Склеивание термопластичных пластиков
- часть 1 ПВХ без пластификаторов
- часть 3 полистирол и аналогичные пластики
- часть 4 полиамиды
- 2204 Расчет емкостей и аппаратов из термопластиков
- часть 1 Данные
- часть 2 Стоячие круглые емкости без избыточного давления
- часть 3 Сварные соединения
- часть 4 Фланцевые соединения
- часть 5 Прямоугольные емкости
- Доп. лист к 2205, ч.5 Расчет емкостей и аппаратов из термопластиков,
прямоугольных емкостей, конструктивные детали
- 2205 испытания строительных деталей и конструкций из
термопластичных пластиков
- 2207 Сварка термопластичных пластиков
- часть 1 сварка с нагревательными элементами труб, частей трубопровода
и плит из ПЭ ВП (PE-HD)
- часть 3 Сварка горячим газом термопластичных пластиков – плит и труб
- параметры сварки
- часть 1 Сварка с нагревательными элементами термопластичных пластиков,
трубопроводы из ПП
- 2208 часть 1 Машины и приборы для сварки термопластичных пластиков –
сварка с греющими элементами
- часть 2 Сварка термопластичных пластиков; машины и приборы для сварки горячим
газом (за исключением экструзионной сварки)
- 2209 часть 1 Сварка термопластичных пластиков; экструзионная сварка, способ;
признаки.
- 2210 часть 1 Промышленные трубопроводы из термопластичных пластиков;
проектирование и выполнение, надземные трубные системы
- 2211 Сварочные добавки для термопластичных материалов
- 2212 часть 1 тестирование сварщиков по пластикам, тест-группа 1
- Памятные листы DVS можно получить в издательстве Deutscher Verlag für Schweiß-Technik GmbH
Aachener-Str- 172, 40223 Düsseldorf-

Стандарты DIN

- DIN 1910 часть 1 (1983) Сварка ; классификация способов сварки
- Часть 3 (1977) Сварка – сварка пластиков, способы
- DIN 16960 ч.1 (1974) Сварка термопластичных пластиков; основы

Директивы VDI (Союза немецких инженеров)

VDI 2003 Обработка пластиков резаньем

VDI2008 Формовка полуфабрикатов из термопластичных пластиков

Стандарты и директивы DVI можно получить в издательстве Deuzh-Verlag, абонентск.ящик 1145, Burggrafenstr. 4-10 10772 Berlin 30.

ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ

- Вышеуказанные стандарты
- Брошюры фирмы Hoescht: «Формовка, обработка, соединение, стыковка».
- Hadick: сварка пластиков.

ПРИЛОЖЕНИЕ

В зависимости от машины и условий труда, может понадобиться изменение приведенных в таблице ориентировочных данных, в частности времени нагрева. Для этого следует изготовить и испытать рабочие образцы.

СВАРКА ГОРЯЧИМ ГАЗОМ

Ориентировочные данные для сварки горячим газом

Материал	Воздух, л/мин.	Температура в сопле форсунки °С	Скорость газа см/мин				
			Диаметр форсунки,мм		Диаметр скоростной форсунки		
			3	4	3	4	
PE полиэтилен							
-HWU,-HWST	60-70	300-340	10-15	ок.10	50-60	40-50	
-HWU-B	60-70	300-340	10-15	ок.10	50-60	40-50	
-HML500	60-70	270-300#	-	-	25-30	20-25	
PP-							
DWU,-DWST	60-70	280-320	ок.10	<10	50-60	40-50	
-DWU-B	60-70	280-320	ок.10	<10	50-60	40-50	
PPs	60-70	280-320	ок.10	<10	50-60	40-50	
PVC							
-MZ	50-60	360-380	15-20	ок.15	50-70	40-60	
-GLAS	50-60	350-360	15-20	ок.15	60-80	50-70	
-CFW	50-60	380-400	15-20	ок.15	60-80	50-70	
-COPLAST-AC	45-50	340-360	20-25	15-20	ок.100	ок.75	
-SIMOCEL-AC	45-50	340-360	20-25	15-20	ок.100	ок.75	
PVDF	60-70	360-400	10-15	Ok.10	40-50	30-40	
E-CTFE	60-70	400-430	-	-	25-30	20-25	

Контактная стыковая сварка с нагревательным элементом

Ориентировочные данные для стыковой сварки с нагревательным элементом плит из PE-HD (SIMONA PE-HWU,HWST)

Толщина плит мм	Температура а °С	Выравнивание $p \approx 0,15N/mm^2$ Высота валика, мм	Подогрев $p \approx 0,01N/mm^2$ Время сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов $p \approx 0,15N/mm^2$	
					Время для полного роста давления ,сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин.
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	3,0	400	< 3	17,0	48,5

Ориентировочные данные для стыковой сварки с нагревательным элементом плит из PP (SIMONA PP-DWU/DWST, PPs)

Толщина плит мм	Выравнивание Высота валика у греющего элемента в конце времени выравнивания (выравнивание при $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$). Высота валика мм	Подогрев $p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$ Время сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$	
				Время для полного роста давления ,сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин.
3	0,5	105	< 3	5	6
4	0,5	130	< 3	5	6
5	0,5	145	< 3	5-6	6-12
6	0,5	160	< 3	5-6	6-12
8	1,0	190	< 3	6-8	12-20
10	1,0	215	< 3	6-8	12-20
12	1,0	245	< 3	8,11	20-30
15	1,0	280	< 3	8-11	20-30
20	1,5	340	< 3	11-14	30-40
25	1,5	390	< 3	11-14	30-40
30	1,5	430	< 3	14-19	40-55
35	2,0	470	< 3	14-19	40-55
40	2,0	505	< 3	19-25	55-70

Температура греющего элемента составляет 210 +/- 10 °C

Ориентировочные данные для стыковой сварки с нагревательным элементом плит из PVC-U (SIMONA PVC-CAW)

Толщина плит мм	Выравнивание при $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$. Высота валика мм	Подогрев $p \approx 0,01 \text{ N/mm}^2$ Время сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов $p \approx 0,3 \text{ N/mm}^2$	
				Время для полного роста давления=1хтолщина стенки , сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин.
3	225-230	>0	45	3	3
4	225-230	>0	60	4	4
5	225-230	>0	75	5	5
6	225-230	>0	90	6	6
8	220-225	>0	120	8	8
10	220-225	>0	150	10	10
12	220-225	>0	180-225	12	12
15	220-225	>0	180-225	15	15
20	220-225	>0	180-225	20	20

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для плит SIMONA PVDF (ПВДФ)

Толщина плит мм	Выравнивание при $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$ Высота валика у греющего элемента перед началом нагрева Высота валика мм	Подогрев $p \leq 0,02 \text{ N/mm}^2$ Время сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов $p \approx 0,1 \text{ N/mm}^2$	
				Время для полного роста давления ,сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин
3	0,5	70	<3	3,5	5,5
4	0,5	80	<3	4,0	7,0
5	0,5	90	<3	4,5	8,0
6	0,5	100	<3	5,0	9,0
8	1,0	120	<3	5,5	11,5
10	1,0	140	<3	6,5	14,0
12	1,0	160	<3	7,5	16,5
15	1,3	190	<3	8,5	20,0
20	1,7	240	<3	10,5	26,0
25	2,0	290	<3	13,0	32,0

Температура греющего элемента составляет 240 +/- 8 °C

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для плит SIMONA E-CTFE

Толщина плит мм	Выравнивание при $p \approx 0,3 \text{ N/mm}^2$ Высота валика у греющего элемента перед началом нагрева Высота валика мм	Подогрев $p \leq 0,05 \text{ N/mm}^2$ Время, сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов $p \approx 0,15 \text{ N/mm}^2$	
				Время для полного роста давления ,сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин

2,3	>0,5	35	<3	3	230
3	>0,5	45	<3	4	300
4	>0,5	60	<3	5	400
5	>0,5	75	<3	6	500

Температура греющего элемента составляет 260-270 °С

Внимание! Греющие элементы известных машин для стыковой сварки имеют температурное ограничение 250°С.

Пожалуйста, свяжитесь с изготовителями машин.

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для плит из высокомолекулярных материалов

Материал	Давление выравнивания (высота валика = 1мм) [N/мм ²]	Подогрев p=0,01N/мм ² Время, сек.	Переход макс. время сек.	Время для полного роста давления, сек	Охлаждение	
					Давление N/мм ²	Время, мин.
PE-HML 500	0,15	Толщина плиты в мм X 20	<5	Толщина плиты в мм	>0,3	Толщина плиты в мм x 1.5
PE-HML1000	0,5		<5		>1,0	

Температура греющего элемента составляет 190-200 °С

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для труб из PE-HD

Толщина стенки, мм	Выравнивание при p<0,15мм ² Высота валика у греющего элемента перед началом нагрева Высота валика мм	Подогрев p≈0,01мм ² (0,1кр/см ²) Время,сек.	Переход макс. время сек.	Заделка швов p≈0,15 N/мм ² (1,5 кр/см ²)	
				Время для полного роста давления, сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин
До 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

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для труб из PP

Толщина стенки мм	Выравнивание при p < 0,1N/мм ² Высота валика у греющего элемента в конце времени выравнивания Высота валика мм	Подогрев P ≤ 0,01 N/мм ² Время, сек.	Переход макс. время, сек.	Заделка швов p≈0,10N/мм ² ± 0,01	
				Время для полного роста давления сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, мин. значение, мин
До 4,5	0,5	135	5	5	6
4,5-7	0,5	135-175	5-6	5-6	6-12
7-12	1,0	175-245	6-8	6-8	12-20
12-19	1,0	245-330	8-10	8-11	20-30
19-26	1,5	330-400	10-12	11-14	30-40
26-37	2,0	400-485	12-16	14-19	40-55
37-50	2,5	485-560	16-20	19-25	55-70

Температура греющего элемента составляет 210±10 °С

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для труб из PVDF

Толщина стенки мм	Выравнивание при p < 0,10N/мм ² (0,1кр/см ²) Высота валика К до начала времени нагрева Высота валика мм	Подогрев p≤0,02N/мм ² () Время =10x толщин стенки, сек.	Переход макс. время, сек.	Заделка швов p≈0,10N/мм ² (0,1кр/см ²)	
				Время для полного роста давления 0,4 x толщину стенки + 2,5 сек сек	Время охлаждения под давлением при заполнении шва, 1,2 x толщину стенки + 2мин. 0,4 x толщину стенки + 2,5 сек мин. значение, мин
1,9- 3,5	0,5	59-75	3	3-4	5-6
4,5-5,5	0,5	75-95	3	4-5	6-8,5
5,5-10	0,5-1,0	95-140	4	5-7	8,5-14
10-15	1,0-1,3	140-190	4	7-9	14-20
15-20	1,3-1,7	190-240	5	9-11	20-26
20-25	1,7-2,0	240-290	5	11-13	26-32

Температура греющего элемента составляет 240±8 °С

Сварка с использованием муфт с греющим элементом

Ориентировочные данные для сварки встык с использованием греющего элемента для труб из PE-HD и PP

Диаметр трубы, мм	Подогрев Время		Переход макс.допустимое ремя перехода, сек.	Охлаждение ³⁾ Минимальное время	
	Труба Р N10 сек	Труба PN6 сек		В зажатом состоянии	Общее время, сек
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	12 ²⁾	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) Из-за малой толщины стенок не рекомендуется

2) Относится к PP; для PE-HD – не рекомендуется

3) При ручной сварке соединенные свариваемые части должны быть зафиксированы в течение указанного времени (колонка «Общее время»), Сварное соединение можно нагружать лишь после полного охлаждения .

Ориентировочные данные для муфтовой сварки с использованием греющего элемента для труб из PVDF

Диаметр трубы,мм	Время нагрева,сек	Переход макс.допустимое время перехода, сек.	Охлаждение ³⁾ Минимальное время	
			В зажатом состоянии	Общее время, сек
16	4	4	6	2
20	6	4	12	2
25	8	4	12	2
32	10	6	18	4
40	12	6	18	4
50	18	6	24	4
63	20	8	24	6
75	22	8	30	6
90	25	8	40	6
110	30	10	50	8

При ручной сварке соединенные свариваемые части должны быть зафиксированы в течение указанного времени (колонка «зафиксировано»), сварное соединение можно нагружать лишь после полного охлаждения