

Стыковая сварка — сварочный процесс, при котором детали соединяются по всей плоскости их касания, в результате нагрева. Стыковую сварку можно выполнять несколькими способами: сопротивлением, непрерывным оплавлением и оплавлением с подогревом. Всё зависит от марки и качества деталей.

Стыковая сварка пластиковых труб сварочными машинами.

## Первый шаг

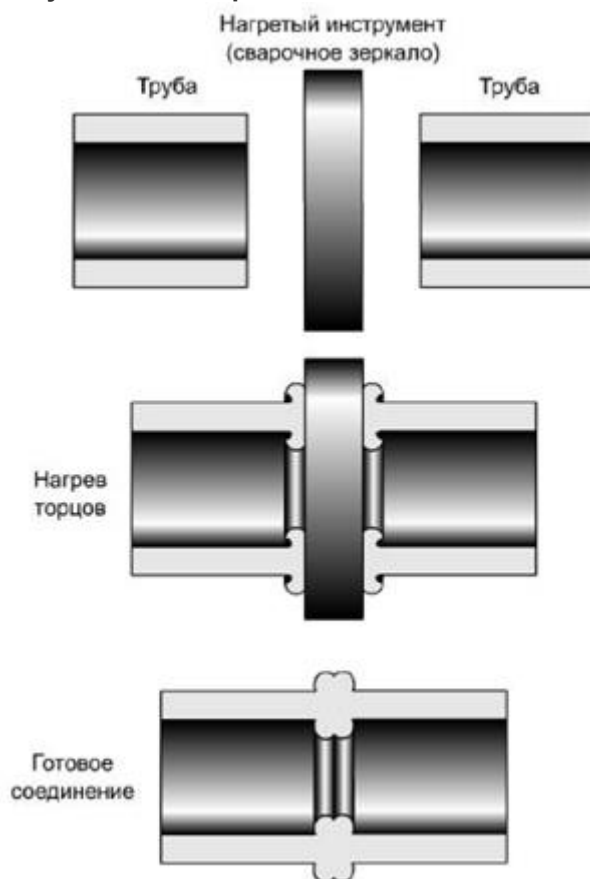
### Сварка пластиковых труб встык нагретым инструментом

Давайте приступим .

Начинаем с нагрева поверхностей, которые будут сварены, нагрев их производится при помощи металлического нагретого инструмента. Благодаря данному шагу, теплоперенос более интенсивный, чем в случае сварки при помощи горячего воздуха, также благодаря данной операции происходит равномерный нагрев , никакие зоны материала не получают большего термического стресса, чем необходимо для сварки. Прочность соединения материалов при таком способе сварки не хуже, чем прочность исходного свойства материала.

### 1. Принципиальные положения

Рисунок №1 «Сварка встык»



Сварка встык : происходит благодаря нагреву торцов свариваемых труб до расплавления материала и в последующем сжатии нагретых торцов, после чего даём остыть.

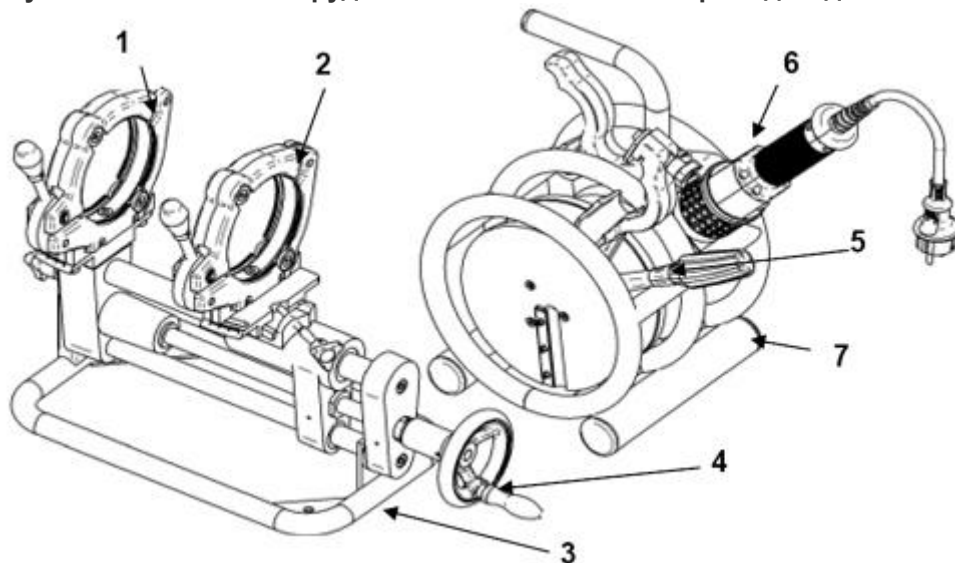
Выполнение этой процедуры требует аккуратного выполнения целого ряда условий для получения качественного сварного соединения.

Современные автоматизированные аппараты для стыковой сварки существенно снижают влияние человеческого фактора на качество стыкового сварного соединения, но полностью его не устраняют.

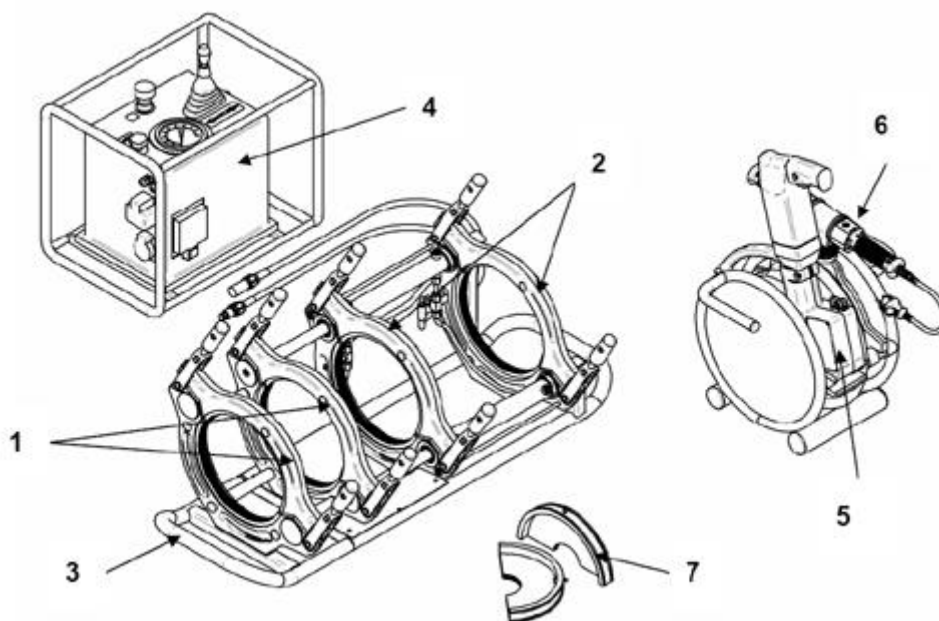
### 2. Состав оборудования

Необходимый минимум оборудования показан на рисунках 2 и 3и зависит от типа привода аппарата.

**Рисунок №2 «Состав оборудования с механическим приводом для стыковой сварки»**



**Рисунок №3 «Состав оборудования с гидравлическим приводом для стыковой сварки»**



**В составе должно быть обязательно следующее оборудование:**

центратор с одним или двумя неподвижными зажимами для трубы (1) и одним или двумя подвижными зажимами (2).

Центратор находится на раме (3).

Подвижные хомуты передвигаются с помощью давления масла в системе, производимого гидравлическим агрегатом, а так же можно это делать с помощью ручки механического привода (4).

Теперь нам понадобится торцеватель(5) для того чтобы очистить и выровнять торцы свариваемых труб. Торцеватель может быть электрическим или механическим.

Сварочное зеркало нужно для нагрева свариваемых торцов (6).

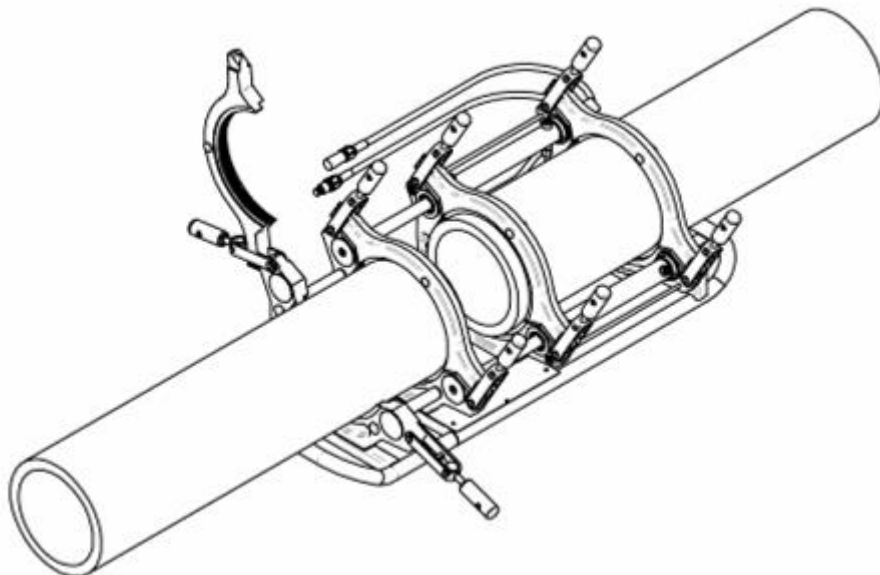
Торцеватель и зеркало как правило крепятся на раме центратора, а хранятся на подставке (7). Фиксировать трубы различных диаметров помогают сменные вкладыши (7) для подвижного и неподвижного зажимов центратора

### 3. Подготовка к сварке

Свариваемые части трубопровода должны быть зафиксированы в центраторе (см. рис. 4) сварочного аппарата. Как правило, центратор жестко крепит одну трубу и обеспечивает осевое перемещение второй трубы. Для устранения трения подвижной трубы о землю целесообразно пользоваться, например, роликовыми упорами.

Кроме коаксиальной фиксации труб, фиксатор обеспечивает перемещение подвижной трубы в направлении неподвижной трубы с контролируемым усилием. Наиболее распространенные способы создания усилия – механический (вращение ручки привода) и гидравлический.

**Рисунок №4 «Фиксация труб в центраторе»**



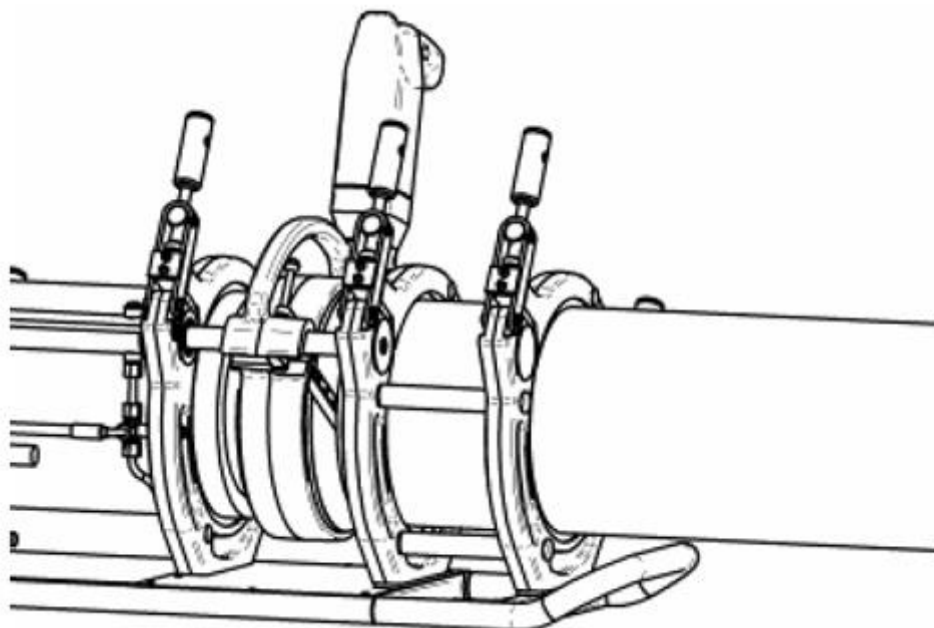
Тефлон облегчает очистку нагретого инструмента из зон сварки. Также это помогает избежать прилипания материалов к инструменту.

После фиксации труб их торцы выравниваются и торцевателем (см. рис. 5), который представляет собой дисковый рубанок. Свариваемые поверхности необходимо прижать к рабочим поверхностям торцевателя и обработать до достижения ровной плоской поверхности. Для максимального приближения формы готовой поверхности к идеальной плоскости глубина торцевания за один проход ножа торцевателя не должна превышать 0,2 мм. Торцеватель обеспечивает последующее плотное прилегание свариваемых торцов труб к поверхности нагретого инструмента, а также удаляет возможные загрязнения и оксидный слой.

Момент окончания торцевания легко определить визуально по появлению сплошной кольцевой стружки с обеих сторон торцевателя.

Не останавливая торцеватель, ослабьте усилие прижима и отведите подвижную трубу от торцевателя. Это позволит плавно и без задиrow закончить торцевание.

**Рисунок №5 «Установка торцевателя между свариваемыми торцами труб»**



После торцевания необходимо чистым инструментом удалить стружку из зоны сварки, особенно – изнутри трубы. Не касайтесь свариваемой поверхности руками!

После очистки от стружки нужно свести трубы и проверьте плотность прилегания свариваемых поверхностей. Зазор не должен превышать значения, указанного в табл. 1. Несовпадение стенок свариваемых труб должно быть не более 10% толщины трубы. Есть конструкции центраторов, которые позволяют в случае необходимости сводить к минимуму несовпадения специальными регулировками соосности. От торцованные трубы должны выступать из фиксирующих зажимов центратора, но при этом расстояние не менее толщины стенки этих труб (см. п.5).

**Таблица №1 «Максимально допустимая величина зазора между торцами труб»**

Наружный диаметр трубы, мм	Ширина зазора, мм
≤ 355	0,5
400 ... < 630	1,0
630 ... < 800	1,3
800 ... < 1000	1,5

#### 4. Создание грата

Нагревательный элемент (т.н. сварочное зеркало), нагретый до нужной температуры (см. рис. 7 и 8) располагается между свариваемыми торцами труб, затем торцы их прижимаются к нагревательному элементу для предварительного нагрева.

Если мы увеличим изображение, на увеличении видно, что гладкая на вид поверхность сварочного зеркала на самом деле имеет неровности. Поверхность торца трубы, обработанная торцевателем, все равно -таки отличается от идеальной плоскости. Поэтому для достижения равномерного нагрева свариваемых торцов необходимо в первый момент эти торцы прижать к нагретому элементу (сварочному зеркалу) с существенным усилием. Довольно быстро материал свариваемых поверхностей оплавляется и плотно прижимается к поверхности сварочного зеркала, увеличиваем площадь теплопереноса до 100% площади торца трубы.

#### **Усилие прижима при предварительном нагреве ограничено двумя условиями:**

Создаваемое давление должно быть как можно больше, чтобы 100%-ный тепловой контакт между торцом трубы и сварочным зеркалом был достигнут максимально быстро; Создаваемое давление должно быть не очень большим, чтобы выдавливаемый материал был достаточно расплавленным и текучим, пластичным.

Рекомендуемое усилие, это то давление 1,5 кгс/см<sup>2</sup> для изделий из ПНД или 1,0 кгс/см<sup>2</sup> для изделий из ПП. Для каждой трубы усилие прижима рассчитывается с учетом материала трубы,

диаметра и толщины стенки той трубы. При нагреве под давлением по внешнему и внутреннему периметру торца трубы выступает валик пластифицированного материала, который называется гратом (см. рис. 1). Не лучшей особенностью грата является некоторое уменьшение условного прохода трубы после завершения сварки; поэтому, в частности, детали безнапорной канализации не рекомендуется соединять с помощью сварки.

Грат увеличивает толщину стенки трубы в месте сварного шва. Как известно, любой полимер при нагреве до пластического состояния в большей или меньшей степени подвергается термическому шоку, то увеличение толщины стенки в зоне сварного шва – это единственный способ достичь здесь прочности не хуже прочности исходной трубы. Поэтому нагрев с приложением усилия продолжают и после того, как достигнут 100% тепловой контакт между сварочным зеркалом и торцом трубы – пока грат не достигнет рекомендуемой величины. Очевидная закономерность: необходимая высота грата тем больше, чем больше толщина стенки свариваемых труб (или толщина свариваемых листов). Оптимальная высота грата к моменту окончания предварительного нагрева определена для каждой толщины свариваемых изделий и для различных термопластов, она указывается в сварочных таблицах (см. табл. 2).

*Запомните: Занижение давления прижима при создании грата ведет лишь к отсрочке момента 100%-ного контакта между торцом трубы и поверхностью зеркала. Дополнительное время, которое в этом случае требуется на создание грата, нельзя считать потерянным, т.к. большая его часть – это уже, фактически, начало основного нагрева (см. п.5).*

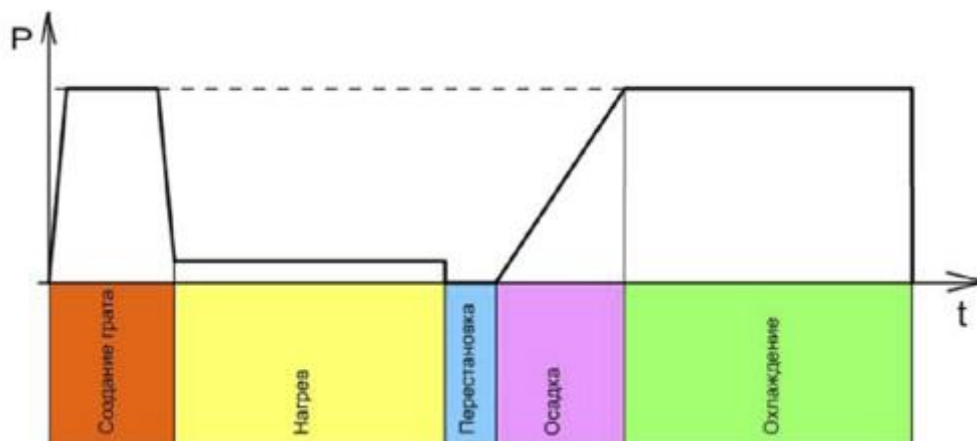
Превышение давления при создании грата ведет к выдавливанию не догретого материала, который формирует грат неправильной формы и не обеспечивает должного усиления шва.

## 5. Основной нагрев поверхностей

В процессе нагревания, которое начинается после создания грата нужной высоты, давление прижима – почти нулевое: это давление должно быть максимально мало, чтобы не вызывать дальнейшего увеличения грата, однако это давление должно быть достаточным для того, чтобы гарантировать контакт торцов трубы со сварочным зеркалом.

На рис. 6 показано изменение давления прижима в ходе сварки.

Рисунок №6 «Изменение давления прижима в ходе сварки.»



Отличительной особенностью стыковой сварки является медленный глубокий нагрев поверхностей сварочным зеркалом, нагретым до сравнительно невысокой температуры (около 200-210°С).

В теории, для сварки более толстостенных изделий рекомендуется применять более низкую температуру зеркала в течение более длительного времени (см. рис. 7 и 8), чтобы прогреть толстостенное изделие (трубу) на большую глубину. С другой стороны, погрешности оборудования и окружающая среда вносят отклонения температурного режима больше, чем рекомендуемые изменения настроек температуры в зависимости от толщины стенки трубы. Поэтому на практике температура зеркала вообще не зависит от толщины стенки трубы.

Замечание: Рекомендуемые и общепринятые режимы нагрева труб и листов (температура и время) подобраны таким образом, что обеспечивают плавный прогрев материала на глубину, приблизительно равную толщине стенки трубы или толщине листа (см. рис. 9). Это обстоятельство рекомендуется учитывать при фиксации труб и торцевании. От торцованная труба должна выступать из зажимов центратора на длину не менее толщины стенки трубы.

Рисунок №7 «Температура сварочного зеркала для ПНД»

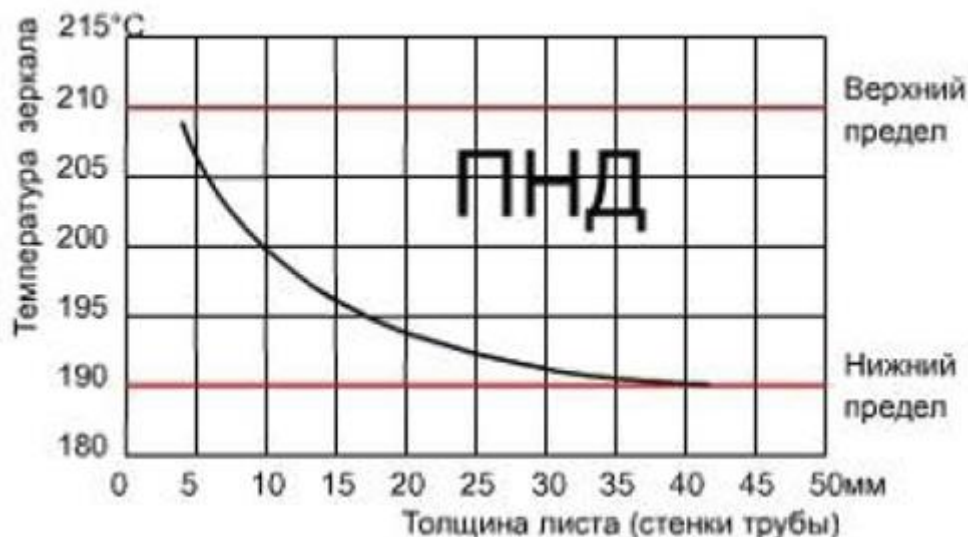
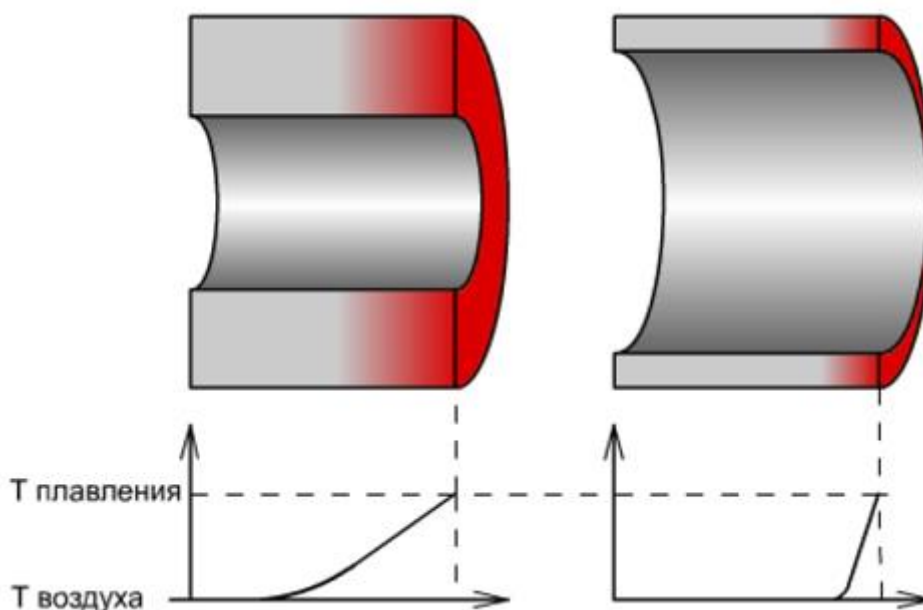


Рисунок №8 «Температура сварочного зеркала для ПП»



При температуре сварочного зеркала около 200°C и при температуре окружающей среды около комнатной скорость прогрева материала в глубину поддается точному расчету (для ПНД условно считается приблизительно равной 1мм за 10 сек). Эта скорость определяет рекомендуемое время нагрева в зависимости от толщины стенки трубы (см. табл. 2).

Рисунок №9 «График распределения температуры в трубах с разной толщиной стенки»



## 6. Перестановка

Решающим значением, после нагрева поверхностей имеет быстрое удаление нагретого инструмента и совмещение нагретых свариваемых поверхностей. При этом необходимо не смять, не запачкать и не повредить другим способом нагретые поверхности! Максимально допустимое время на отведение подвижной трубы, удаление сварочного зеркала и сведение торцов труб называется временем перестановки и указывается в сварочных таблицах. Превышение этого времени ведет к остыванию оплавленных торцов, а в итоге к плохому качеству шва. Очевидно, что для более толстостенных изделий допустимое время перестановки выше (см. табл. 2).

Замечание: Во время перестановки нагретый материал, контактируя с воздухом, быстро окисляется. Кроме того, тонкий слой нагретой поверхности успевает немного остыть. Поэтому следует стремиться к уменьшению времени перестановки.

Скорость сведения труб в момент их контакта должна быть как можно ближе к нулю. Приложение значительного давления в первый момент контакта приведет к выдавливанию расплавленного материала из зоны шва и, к тому же, сильно увеличит высоту грата.

## 7. Осадка

От момента контакта свариваемых поверхностей, по мере остывания материала, давление прижима поверхностей необходимо медленно и плавно увеличивать до рекомендуемого давления охлаждения. При увеличении давления расплавленный материал частично выдавливается из зоны шва и течет в направлении наружного и внутреннего грата, при этом тонкий слой материала, окислившийся и остывший во время перестановки, смешивается с более глубокими слоями и не оказывает отрицательного влияния на качество шва.

Экспериментально определенное оптимальное время, в течение которого должно быть плавно достигнуто давление охлаждения, известно как время осадки и указывается в сварочных таблицах (см. табл. 2). Во время осадки и на первом этапе последующего охлаждения происходит окончательное формирование грата.

## 8. Охлаждение

При охлаждении окончательно формируется зона сварного соединения. Основная идея этого процесса состоит в том, чтобы толщина стенки трубы в зонах, прилегающих к сварному шву, увеличилась. Причем это увеличение должно быть тем больше, чем больше был нагрет (подвергся термической деградации) материал в данной точке. Рекомендуемые режимы нагрева и

осадки подобраны таким образом, что оптимальным для охлаждения является усилие прижима, равное усилию при предварительном нагреве.

После осадки давление прижима деталей сохраняется постоянным до полного охлаждения при комнатной температуре. Время охлаждения зависит от материала и толщины стенки свариваемых труб (или толщины листов) и указывается в сварочных таблицах (см. табл. 2).

Не следует пробовать ускорить остывание (применение холодной воды или пр.) – это приведет к созданию внутренних напряжений в материале и, как результат, к снижению прочности шва.

После остывания сваренные части можно вынуть из аппарата.

Замечание: Перед раскрытием зажимов, фиксирующих трубы в фиксаторе, не забудьте сбросить усилие прижима до нуля!

**Таблица №2 «Основные параметры для сварки встык труб из ПНД»**

Толщина стенки, мм	Температура сварочного зеркала, °С	Высота грата, мм (P=1,5 кгс/см <sup>2</sup> )	Время нагрева, сек. (P=0,15 кгс/см <sup>2</sup> )	Время перестановки, сек.	Сварка (P=1,5 кг/см <sup>2</sup> )	
					Время осадки, сек.	Охлаждение, мин.
до 4,5	210	0,5	45	5	5	6
4,5 – 7,0	207	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6	6 – 10
7,0 – 12,0	200	1,5	70 – 120	6 – 8	6 – 8	10 – 16
12,0 – 19,0	197	2,0	120 – 190	8 – 10	8 – 11	16 – 24
19,0 – 26,0	193	2,5	190 – 260	10 – 12	11 – 14	24 – 32
26,0 – 37,0	192	3,0	260 – 370	12 – 16	14 – 19	32 – 45
37,0 – 50,0	191	3,5	370 – 500	16 – 20	19 – 25	45 – 60
50,0 – 70,0	190	4,0	500 – 700	20 – 25	25 – 35	60 – 80

## 9. Отличие практической сварочной таблицы от теоретической

На практике при сварке пластиковых труб оператор не может непосредственно измерить давление P прижима свариваемых поверхностей к сварочному зеркалу или друг к другу. Конструкция любого аппарата для стыковой сварки труб позволяет измерить только усилие F прижима в единицах, которые зависят от конструкции аппарата. Например, в аппаратах с гидравлическим приводом логично измерять усилие прижима в единицах давления масла в гидросистеме аппарата. А в случае аппаратов с механическим приводом усилие измеряется степенью сжатия пружины, единицы индикации зависят от градуировки шкалы – ньютоны (Н), килограммы (кгс), «попугаи» или «бананы».

Поэтому для практического использования к каждому аппарату стыковой сварки производитель аппарата прикладывает сварочные таблицы для различных термопластов. В такой таблице параметры сварки, включая усилие прижима, указываются в зависимости от диаметра и толщины стенки трубы.

## 10. Дополнительные условия

При выполнении сварных работ зона сварки должна быть защищена от влияния неблагоприятных погодных условий (т.е. высокой влажности, ветра, яркого солнца и температур ниже 0°).

Сварку можно проводить в любых погодных условиях, если будет гарантировано, что применение специальных мер (тепловые пушки, палатки, тенты и пр.) позволит поддерживать температуру стенки трубы на подходящем и постоянном уровне.

В реальных условиях подвижная труба, как правило, имеет существенную длину, лежит на грунте и требует ненулевого усилия для ее перемещения вдоль оси. Это усилие, известное как усилие пассивного сопротивления, необходимо измерить сразу после фиксации труб в центраторе и затем добавлять величину этого усилия к рекомендуемому усилию на каждом этапе процесса.



## 11 Применение сварки нагретым инструментом встык

Как видно из описания процедуры сварки встык, этот способ сварки требует точного выполнения целого ряда последовательных процедур на довольно сложном оборудовании. Поэтому выбор между стыковой и раструбной сваркой склоняется в пользу стыковой сварки чаще при монтаже трубопроводов большого диаметра: соединительные муфты для раструбной сварки трубопроводов больших диаметров, если бы они были представлены на рынке, стоили бы очень дорого по технологическим причинам; раструбная сварка трубопроводов большого диаметра (в отличие от малых диаметров), так же как и стыковая сварка, требует применения центриатора; поэтому нет преимущества простого дешевого оборудования.

Из всего многообразия термопластов, для производства трубопроводов большого диаметра (выше 110мм) в подавляющем большинстве случаев производятся из ПНД по причине его невысокой цены и удовлетворительных потребительских свойств. Поэтому основное применение стыковой сварки нагретым инструментом – это монтаж трубопроводов из ПНД сравнительно больших диаметров.

Монтаж трубопроводов из ПНД для газоснабжения и других объектов повышенной опасности требует современного автоматического оборудования для стыковой сварки, которое значительно снижает влияние человеческого фактора на качество шва, а также позволяет сохранить важные параметры сварочного процесса в памяти оборудования и распечатать т.н. «паспорт шва».

Фасонные детали для трубопроводов из ПНД (отводы, тройники и пр.) изготавливаются с расчетом на стыковую сварку, т.е. торец соединительной детали совпадает с торцом трубы. Для труб сравнительно небольших диаметров (до 225 мм) фасонные детали изготавливаются как методом литья под давлением, так и сваркой из трубы. Для больших диаметров, по технологическим причинам, фасонные детали только свариваются из трубы.