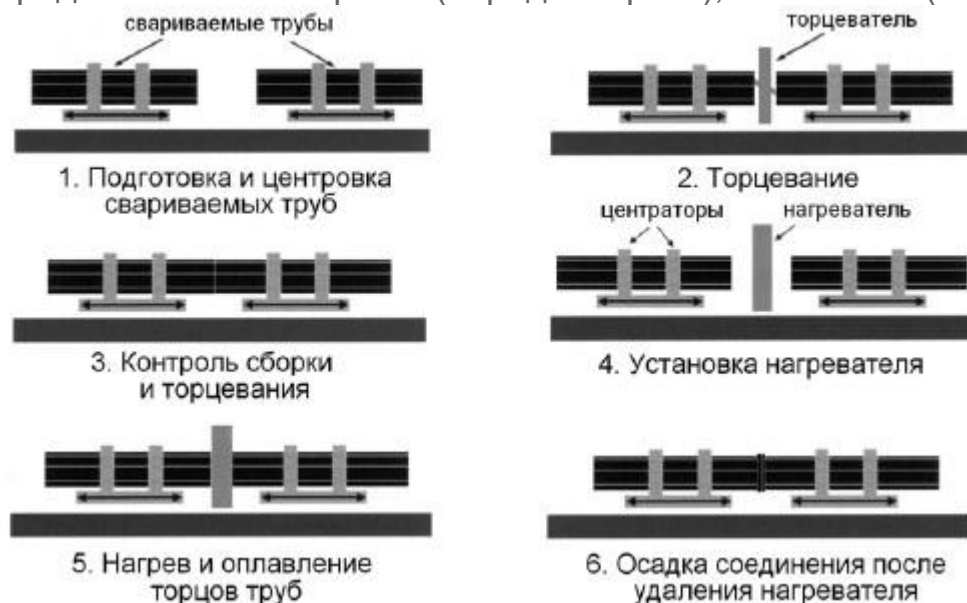
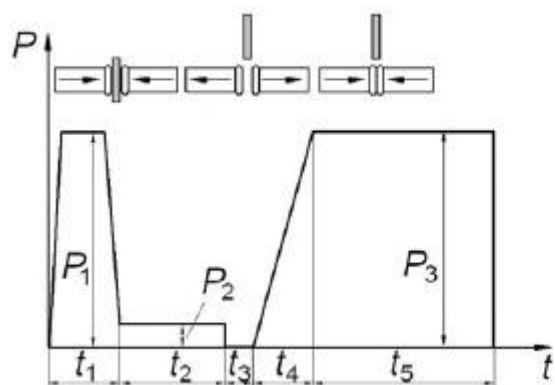


## Сварка пластмассовых труб встык

Сущность и режимы сварки встык прямым нагревом рассмотрены в предыдущих разделах. Основные стадии сварочного цикла и циклограмма прилагаемого давления на свариваемых торцах труб представлены на рис.4.13. Высокое качество сварных соединений пластмассовых трубопроводов обеспечивается проведением комплекса мероприятий по контролю на различных стадиях производства. Этот комплекс включает три этапа: предупредительный контроль (перед сваркой), активный (в процессе сварки) и приемочный (после сварки).



*a*



- $P_1$  – давление при оплавлении
- $P_2$  – давление при нагреве
- $P_3$  – давление при осадке
- $t_1$  – время оплавления
- $t_2$  – время нагрева
- $t_3$  – время технологической паузы
- $t_4$  – время нарастания сварочного давления
- $t_5$  – время охлаждения под давлением

*б*

### **Рис.4.13. Основные стадии сварочного цикла (а) и циклограмма прилагаемого давления (б)**

Технология сварки трубопроводов включает операции контроля, подготовки и сварки.

Предупредительный контроль включает в себя контроль качества свариваемых материалов, проверку квалификации сварщика и контроль технологической подготовки производства.

Условия хранения труб должны исключать попадание на них прямых солнечных лучей, так как при этом возможно не только снижение прочности материала труб, но и значительное ухудшение их свариваемости.

Перед сваркой трубы подвергают механическим и термомеханическим испытаниям. По истечении гарантийного срока хранения труб (два года со дня изготовления) перед использованием трубы должны подвергаться повторной проверке.

**Подготовка труб к сборке и сварке.** Стадии сварочного цикла представлены на технологической схеме процесса (рис.4.13, а). Сборка и центровка перед сваркой осуществляются на специальном устройстве или на установке, на которой будет выполняться сварка. Концы труб должны крепиться в кольцевых зажимах (центраторах) сварочной установки таким образом, чтобы вылет трубы составлял 60-70 мм.

Внутреннюю и наружную поверхности концов свариваемых труб на расстоянии не менее 30 мм от торца очищают от пыли, масла, технического углерода и других загрязнений, отрицательно влияющих на свариваемость. Соединяемые поверхности труб, зажатые в сварочной установке, после очистки подвергают торцовке. Стружку, образовавшуюся при торцовке, удаляют способом, исключающим загрязнение торцов заготовок. Иногда применяется обезжиривание ацетоном, спиртом. Запрещается при торцовке кромок применять охлаждающие эмульсии и смазки.

После сборки между торцами труб не должно быть зазоров, превышающих 0,5 мм при диаметрах труб до 110 мм и 0,7 мм – при диаметрах более 110 мм. Смещение соединяемых концов труб по наружному периметру не должно превышать 10% толщины стенки труб.

Контроль в процессе сварки проводится с целью строгого соблюдения основных параметров режима и цикла сварки. Температуру нагретого сварочного инструмента необходимо поддерживать постоянной с точностью до  $\pm 10$  ОС. При нагреве сварочный инструмент должен касаться кромок труб по всему периметру. При правильном ведении процесса по всему периметру трубы должен образовываться равномерный грат расплавленного материала в виде валика высотой не более 2-3 мм.

После оплавления концов труб необходимо быстро удалить нагреватель и произвести осадку труб. Время между удалением нагревателя и осадкой труб не должно превышать 1-2 с, иначе происходит снижение прочности шва в результате быстрого охлаждения свариваемых поверхностей.

При превышении давления осадки происходит чрезмерное выдавливание оплавленного материала наружу и внутрь трубы, что ухудшает качество сварного соединения. Сваренный стык необходимо выдерживать под давлением до полного затвердевания материала, так как перемещение концов труб сразу после сварки может привести к созданию в стыке дополнительных внутренних напряжений. Циклограмма прилагаемого давления показана на рис.4.13, б. Оставшийся после сварки на инструменте расплавленный материал необходимо удалить при помощи скребков, металлических щеток и ветоши. О высоком качестве сварного соединения свидетельствует образование двойного плавно скругленного валика грата равномерной по всему периметру шва толщины (рис.4.14).



**Рис. 4.14. Стыковой шов с наружным и внутренним гратом**

Ориентировочные значения параметров режима стыковой сварки труб нагретым инструментом приведены в таблице 4.1.

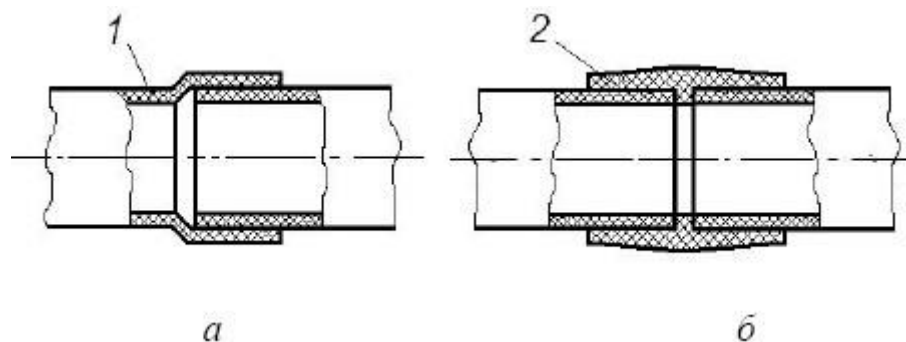


## Сварка пластмассовых труб внахлест

Стыковая сварка труб малого диаметра (16-50) мм и с толщиной стенки менее 4 мм становится неэффективной из-за больших деформаций сдвига, возможного смещения торцевых поверхностей друг относительно друга и

значительного перекрытия внутреннего сечения труб гратом. В этих случаях рекомендуется применять сварку внахлест.

Сварка труб внахлест имеет две разновидности. В первом случае нахлест формируют на одной из труб (рис.4.15, а), во втором – в качестве соединительных элементов стыкуемых труб используют литые детали (муфты, тройники, переходы, угольники и др.) (рис.4.15, б).



**Рис.4.15. Сварные соединения труб внахлест: а – сварка с формированием нахлеста на одной из труб; б – сварка труб с соединительной муфтой; 1 – труба с нахлестом; 2 – муфта**

Ориентировочные значения параметров режима стыковой сварки труб нагретым инструментом приведены в табл. 4.1.

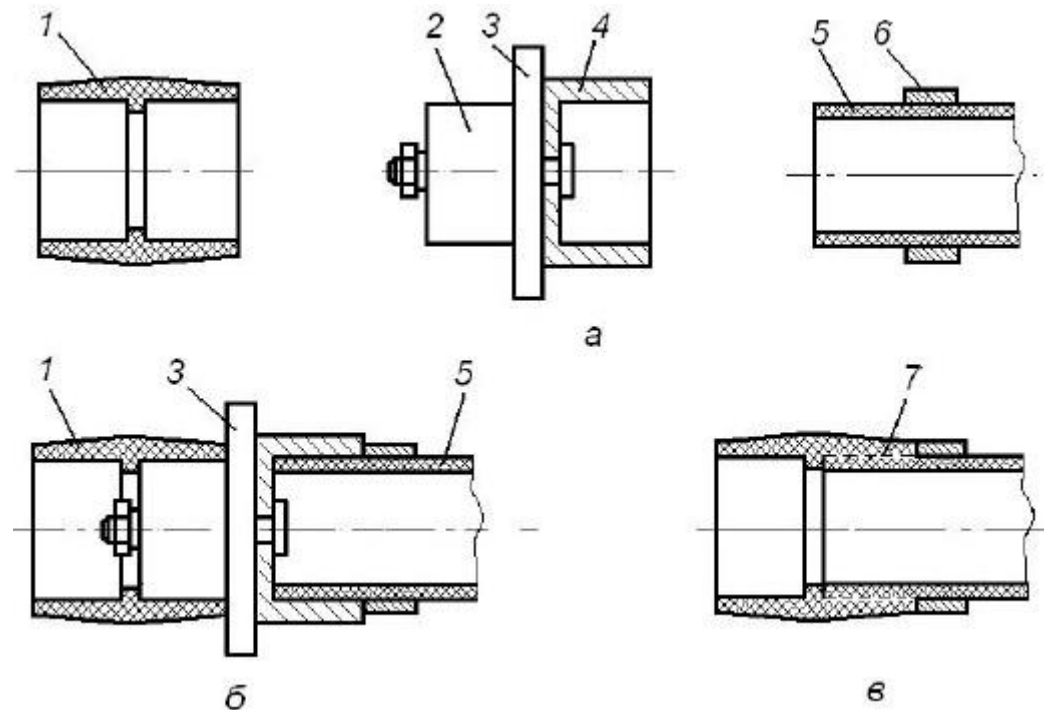
**Таблица 4.1**

Параметры	Материал труб*			
	ПЭНП	ПЭВП	ПП	ПВХ
Температура инструмента, °С	220±10	200±10	200±10	209±5
Давление в стыке при нагреве торцов труб, МПа	0,02-0,05	0,02-0,05	0,04-0,08	0,05-0,08
Время нагрева, с, при толщине стенки трубы, мм**				
4	35	50	60	35
6	50	70	80	45
8	70	90	90	50
10	85	110	100	60
12	100	130	150	70
14	120	160	180	-
16	160	180	230	-
Давление осадки, МПа	0,1-0,2	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
Время, мин, охлаждения стыка под давлением при толщине стенки трубы, мм				
4-6	3-4	3-5	3-5	2-3
7-12	5-8	6-9	6-10	3-5
14-16	10-15	10-15	12-16	-
*ПЭНП и ПЭВП – полиэтилен низкой и высокой плотности соответственно; ПП - полипропилен; ПВХ – поливинилхлорид.				
**При температуре охлаждающего воздуха 20 °С.				

При сварке внахлест используют инструмент, состоящий из гильзы и дорна (рис.4.16). Гильза служит для оплавления наружной поверхности конца трубы, а дорн предназначен для оплавления внутренней поверхности нахлеста.

Технологический процесс сварки нагретым инструментом внахлест включает в себя следующие операции: - очистку и обезжиривание труб;

- установку и центровку труб в зажимах сварочного устройства;
- ввод нагревательного инструмента и его удаление после нагрева;
- стыковку соединяемых элементов;
- охлаждение сварного соединения.



**Рис. 4.16. Схема сварки внахлест: а – нагреватель и стыкуемые детали; б – нагрев свариваемых поверхностей; в – сварное соединение трубы с муфтой; 1 – соединительный элемент; 2 – дорн; 3 – нагреватель; 4 – гильза; 5 – труба; 6 – ограничительный хомут; 7 – сварной шов**

Для фиксации глубины вдвигания трубы в раструб используют ограничительные хомуты, боковые плоскости которых должны быть соответствующим образом обработаны, чтобы обеспечивалось уплотнение и формование выдавленного наружу грата.

Основными технологическими параметрами сварки внахлест являются:

- температура нагретого инструмента;
- скорость продвижения трубы на инструмент;
- время оплавления соединяемых деталей;
- давление на сварной шов.

Давление возникает за счет разности наружного диаметра оплавленного конца трубы и внутреннего диаметра оплавленного раструба, т.е. натяга. Натяг создается тем, что дорн имеет наружный диаметр на 0,3-0,6 мм меньше внутреннего диаметра гильзы.

Температура нагретого инструмента назначается исходя из свойств свариваемого материала. При пониженных температурах (и, соответственно, длительном нагреве) возможны перегрев и потеря устойчивости трубы при соединении её с раструбом, что особенно характерно для тонкостенных труб. При повышенных температурах существует опасность разрушения сварных соединений по поперечным сечениям в зоне торца трубы и раструба.

Скорость надвигания трубы на нагретый инструмент должна быть максимально возможной. Медленное надвигание приводит к прогреву трубы или раструба на всю толщину и потере устойчивости.

При оплавлении сначала вводят нагреватель дорном в раструб, а затем через 10-15 с прямой конец трубы вводят в гильзу. Время оплавления (выдержку на нагретом инструменте) выбирают из условия равномерного проплавления всей площади сварки на глубину 1-1,5 мм. При большей глубине оплавления возможны потеря устойчивости концов трубы и раструба и их деформация при вдвигании трубы в раструб (осадке). При правильном выборе времени оплавления у кромок торца раструба и на трубе по всему периметру образуется грат высотой 1-2 мм.

Промежуток времени между оплавлением и осадкой, необходимый для удаления инструмента, должен быть как можно короче.

На стадии осадки после полного вдвигания конца трубы в раструб не до-пускается проворачивание труб относительно друг друга.



## Сварка пластмассовых трубопроводов муфтами с закладными нагревателями

---

Сварка трубопроводов муфтами с закладным нагревателями (ЗН) является одной из широко применяемых технологий соединения полимерных труб, которая заключается в расплавлении полимера на соединяемых поверхностях детали (муфты, отвода, перехода и т.д.) и труб за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по заложенному в деталь электрическому нагревателю (спирали) из металлической

проволоки, и последующем естественном охлаждении сварного соединения. Особенно успешно свариваются этим методом полиэтиленовые трубопроводы.

Сварка деталями с ЗН используется во всей области применения полиэтиленовых трубопроводов для:

- соединения полиэтиленовых труб, плетей, сваренных стыковой сваркой, при строительстве новых трубопроводов (газопроводов, водопроводов и др.);
- соединения полиэтиленовых труб с отводами, тройниками, заглушками и т.п.; - ремонта трубопроводов.

Сваркой деталями с ЗН можно соединять трубы диаметром от 20 до 800 мм независимо от толщины стенки, трубы из полиэтилена разных, но близких по характеристикам марок (например, из ПЭ80 и ПЭ63, ПЭ80 и ПЭ100). Для прочного соединения необходимо, чтобы показатели текучести расплава у этих марок полиэтилена были одинаковы или близки по значению.

Основные достоинства сварки с ЗН:

- это единственный способ, используемый для ремонта полиэтиленовых трубопроводов и врезки новых отводов (в т.ч. под давлением);
- автоматизация процесса сводит к минимуму влияние на качество соединения уровня подготовки и квалификации рабочего персонала;
- площадь контакта свариваемых элементов больше, чем при стыковой, что значительно повышает надежность соединения;
- отсутствует ограничение на толщину стенки;
- требует источник энергии значительно меньшей мощности, чем сварка встык;
- меньший вес и габариты сварочного аппарата по сравнению с аппаратом для стыковой сварки упрощают и ускоряют сварку в траншее или котловане;
- цена сварочного аппарата гораздо ниже цены аппарата для стыковой сварки.

На рис.4.17 показана конструкция муфты с ЗН марки FRIALLEN. Провода от источника энергии присоединяются к контактам на детали, а специальный индикатор в теле муфты информирует о достаточности нагрева.





**Рис.4.17. Муфта с закладным нагревателем**

Чтобы расплав не вытекал во время сварки в зазоры между трубой и деталью (муфтой) из-за увеличения объема полимера при нагревании, витки ЗН располагают не по всей поверхности фитинга (горячие зоны), оставляя свободными от нагревателя центральную и концевые части фитинга (холодные зоны). Во время сварки при движении расплава полимера из «горячих зон» к «холодным зонам» он остывает и твердеет, запирая таким образом остальную часть расплава, заполняющего все пространство между свариваемыми поверхностями. Детали с ЗН в зависимости от способа производства могут быть как с открытой внутри спиралью, так и со спиралью, покрытой тонким слоем полимера.

Преимуществом открытой спирали является быстрый разогрев и, соответственно, быстрое перекрытие внутреннего зазора расплавом. Для сварки длиномерных труб рекомендуют применять удлиненные детали с ЗН. В их более длинных «холодных зонах» происходит выравнивание осевой кривизны труб.

Основными технологическими параметрами сварки с ЗН являются:

- напряжение, подаваемое на ЗН (как правило, от 6 до 42 В);

- время сварки, в течение которого происходит разогрев ЗН и расплавление полиэтилена;
- время охлаждения соединения, в течение которого происходит застывание расплава и образование сварного соединения.

В паспорте детали или на штрихкоде время охлаждения должно подразделяться на время до перемещения (до 70°C) и до нагружения газопровода давлением.



## Оборудование для сварки пластмассовых труб

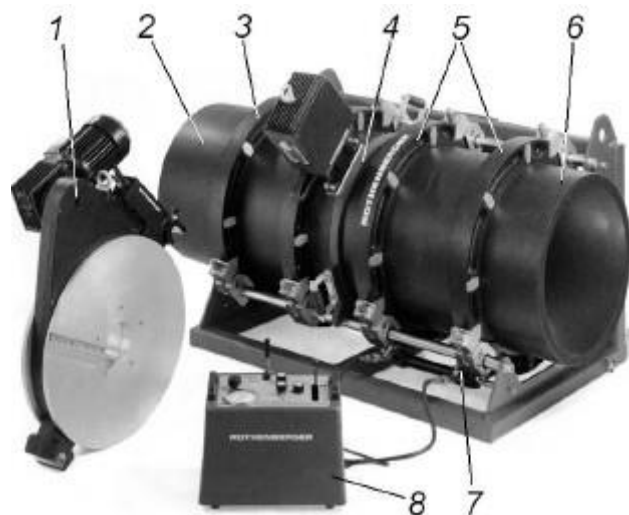
---

Большая номенклатура типоразмеров труб и необходимость изготовления фасонных соединительных элементов (поворотов, тройников, крестовин и т.д.) обусловили создание широкой гаммы различных сварочных установок, устройств и оснастки для стыковой и раструбной сварки. В настоящее время созданием трубосварочного оборудования занимаются такие организации, как ИЭС им. Е.О. Патона, ВНИИМонтажспецстрой, ВНИИСТ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИИМосстрой и др., а также ряд зарубежных фирм.

### Оборудование для сварки встык

На прочность и надежность сварных швов, которые не должны уступать прочности и надежности материала трубы, определяющее влияние оказывает уровень и техническое состояние применяемого оборудования. Несмотря на значительное количество фирм, производящих оборудование для сварки встык, и разнообразие конструктивного оформления установок, они состоят из узлов, имеющих одинаковое функциональное назначение.

Центратор – станина с четырьмя или двумя металлическими захватами (хомутами) для зажима свариваемых труб и соединительных деталей. Два из них подвижно (подвижный суппорт) и два неподвижно укреплены на направляющих – стальных штангах (рис.4.18).



**Рис.4.18. Сварочный аппарат для сварки встык полимерных труб диаметром до 630 мм фирмы ROTHENBERGER: 1 – торцеватель; 2, 6 – свариваемые трубы; 3 – неподвижные хомуты; 4 – нагреватель; 5 – хомуты подвижного суппорта; 7 – гидропривод; 8 – блок питания**

Торцеватель (рубанок) – дисковое устройство с одним или несколькими лезвиями, приводимое в движение электродвигателем. Предназначен для механической обработки (торцевания) концов свариваемых труб и соединительных деталей. Торцеватель устанавливается на направляющие аппарата между торцами труб (вручную или с помощью подъемного устройства) перед их торцеванием и удаляется после этой операции. В установках для сварки труб относительно небольших диаметров (до 450 мм) торцеватель может выполняться не съемным, а откидным, и приводиться в рабочее положение поворотом относительно направляющей.

При снятии стружки контакт между свариваемыми частями труб и торцевателем обеспечивается давлением подвижного суппорта. Вращению дисков торцевателя вне сварочного аппарата препятствует микровыключатель. Нагреты й инструмент имеет форму плоского диска или кольца. Изготавливается преимущественно из алюминиевых сплавов. Служит для нагрева и оплавления свариваемых поверхностей. Во избежание прилипания расплава к нагревательному элементу поверхность последнего покрывают специальной пленкой на основе фторпласта. Все большее применение получают нагреватели, покрытые фторопластом, нанесенным путем напыления. Толщина такого слоя составляет 0,5-0,8 мм. Все шире используются для этой цели специальные многослойные тефлоновые покрытия.

Гидравлический привод обеспечивает необходимый для работы сварочного аппарата уровень давления с возможностью его точной регулировки на всех стадиях сварочного процесса.

Блок электропитания осуществляет подачу питающего напряжения на составные части аппарата. В блок встроены разъемы для подключения различных потребителей, терморегулятор нагревателя и выключатель.

Редукционные вкладыши, входящие в комплектацию аппарата, представляют собой вставные полукольца, устанавливаемые в зажимы для фиксации во время сварки труб различного диаметра. Сварочные аппараты предназначены для сварки труб определенного ряда диаметров, определяемого комплектом вкладышей.

Электронный блок регистрации (управления) осуществляет для аппаратов средней и высокой степени автоматизации функции регистрации и управления (полного или частичного) параметрами сварки. По степени автоматизации стыковые сварочные аппараты подразделяются на три группы.

Аппараты с ручным управлением, у которых управление процессом сварки осуществляется оператором вручную (задание параметров сварки и управление гидросистемой) при визуальном контроле. Для сварки газопроводов допускается использование таких аппаратов только при обязательном автоматическом поддержании заданной температуры нагревателя.

В подавляющем большинстве моделей с ручным управлением отсутствует автоматический контроль режима сварки и возможность получить информацию в виде распечатанного протокола.

Аппараты со средней степенью автоматизации имеют микропроцессорный блок, осуществляющий автоматизированный контроль процесса по всему циклу, регистрацию параметров сварки и их распечатку в виде протокола.

Аппараты с высокой степенью автоматизации помимо того же набора функций, что и у аппарата со средней степенью автоматизации, имеют дополнительные возможности: микропроцессорный блок управляет процессом сварки и последовательностью этапов технологического процесса в заданном режиме сварки (в том числе автоматическое удаление нагретого инструмента), задает давление и температуру нагревательного инструмента в соответствии с параметрами, которые аппарат отображает на дисплее.

Трубы небольшого диаметра (до 90 мм) сваривают ручным инструментом клещевого типа. Усилие осадки, как правило, регламентируется тарированной пружиной. Трубы диаметром свыше 90 мм чаще сваривают с помощью переносных устройств, имеющих несущую раму, на которой закреплены неподвижный центратор и центратор,

перемещающийся ручным рычажным механизмом. При сварке труб более 160 мм сварочное устройство снабжают механическим или гидравлическим приводом. Сварка труб диаметром более 200 мм требует особо строгого соблюдения режима, так как при большой свариваемой площади любые отклонения от режима приведут к получению некачественного соединения. Для исключения влияния субъективных факторов и обеспечения стабильности режима сварки создают трубосварочные установки с программным управлением.

Создано большое количество ручных, переносных и передвижных, полустационарных и стационарных установок с рычажным и гидравлическим приводом механизма создания давления и с электрическим или газовым нагревом инструмента.

Современные разработки ИЭС им. Е.О. Патона – установки ОБ-2373 и ОБ-2419 для сварки полиэтиленовых труб диаметром 125-225 мм и 250-400 мм соответственно. Установки выполняют следующие основные операции: центровку и фиксацию свариваемых заготовок; подготовку торцов свариваемых заготовок к сварке; нагрев торцов и осадку стыка.

Для сварки труб диаметром 500-1200 мм применяют установки, ведущие весь процесс сварки автоматически непрерывно или (в случае необходимости) циклически по операциям. Контактное давление при оплавлении и осадке создается гидроприводом. Параметры процесса заранее задаются с пульта управления и точно выдерживаются в процессе сварки.

На создании оборудования для сварки труб из термопластов специализируются многие зарубежные фирмы. Широко представлено на российском рынке оборудование для стыковой контактной сварки (прямым нагревом), муфтовой сварки и сварки фасонных частей трубопроводов (тройники, отводы) фирм ROTHENBERGER (серия аппаратов ROWELD), WIDOS (серия аппаратов WIDOS различного назначения) и KWH PIPE (серия машин WHB). На рис.4.19 представлена установка WHB-1600, предназначенная для сварки трубопроводов из полипропилена и полиэтилена диаметром 1400, 1500 и 1600 мм. Установка Roweld P 160 A2 для сварки пластмассовых труб диаметром от 40 до 160 мм представлена на рис. 4.20. В состав установки входят электроторцеватель, нагревательный элемент с электронной регулировкой температуры, зажимы и вкладыши для зажимов на различные диаметры труб. Установка имеет только одну пару зажимов – подвижный зажим, установленный на суппорте установки, и неподвижный. Вместо отсутствующих хомутов в конструкции предусмотрены трубные опоры, обеспечивающие горизонтальное положение свариваемых концов труб.



**Рис.4.19. Установка WHB-1600**

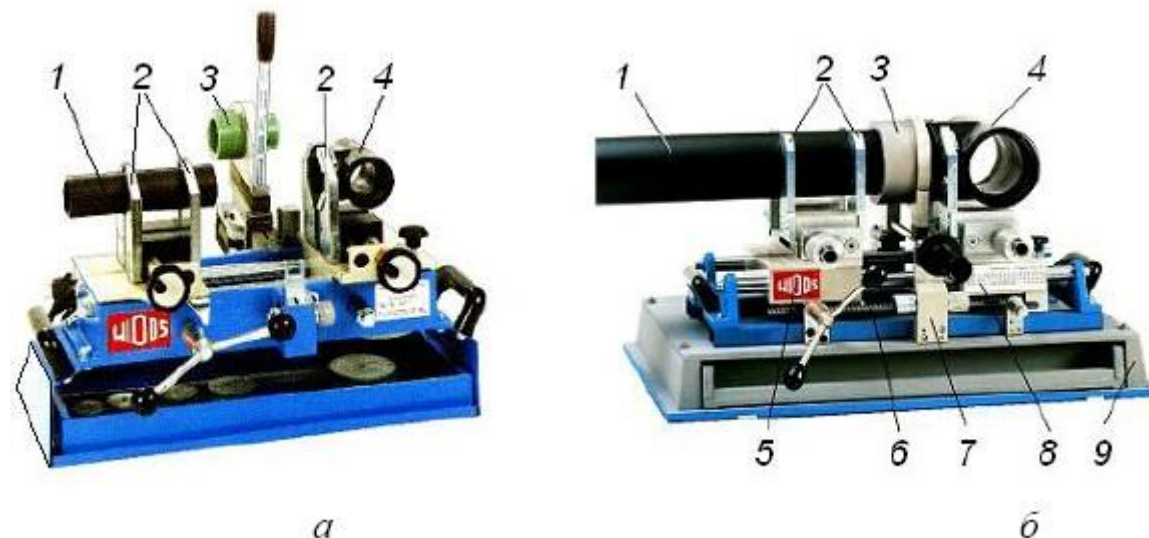


**Рис.4.20. Установка Roweld P-160**

### **Оборудование для сварки труб внахлест и муфтами с ЗН**

В качестве примера такого оборудования на рис.4.21 представлена установка WIDOS 3500. Это сварочная машина с нагревательным элементом для муфтовой сварки труб и фитингов из полиэтилена, полипропилена,

полибутадиена и поливинилиденхлорида диаметром 20-110 мм. Машина установлена на жесткой раме. Перемещение кареток с закрепленными на них трубой и фитингом в процессе сварки выполняется с помощью подающего колеса и зубчатой



**Рис.4.21. Установка для муфтовой сварки труб и фитингов: а – положение деталей перед нагревом; б - стадия нагрева деталей; 1 – труба; 2 – зажимы; 3 – нагреватель (гильза-дорн); 4 – литая деталь (тройник); 5 – каретка с зажимами трубы; 6 – зубчатая рейка; 7 – держатель нагревателя; 8 – каретка для перемещения тройника или фитинга; 9 – рама рейки. Величина вдвигания трубы обеспечивается специальным устройством.**

Закрепление свариваемых деталей осуществляется с помощью закаленных стальных призматических зажимов с бесступенчатой регулировкой. Благодаря этому возможна сварка труб различного диаметра.

Нагревательный элемент можно снимать с держателя и использовать в качестве ручного нагревателя. Он имеет выключатель (включено/выключено) и электронную систему установки и контроля температуры. Нагревательные поверхности имеют антипригарное покрытие.

Для сварки труб в раструб необходимо предварительно сформировать раструб на конце одной из свариваемых труб. Устройство формирования раструба может быть исполнено в качестве составного узла установки или представлять самостоятельное устройство.

Сварочный аппарат для электромужфтовой сварки полимерных труб включает блок питания, служащий для изменения характеристик подаваемого на аппарат от источника питания электрического тока и блок управления процессом сварки (задает требуемое напряжение, подаваемого на клеммы ЗН детали, время сварки).

Электропитание сварочного аппарата осуществляется от автономного электрогенератора – миниэлектростанции на базе двигателя внутреннего сгорания или дизеля.

Перед сваркой детали устанавливаются и фиксируются в позиционере. Позиционер – устройство для зажима и фиксации труб на время сварки и последующего охлаждения свариваемых труб и деталей (рис.4.22). Представляет собой жесткую разборную металлическую станину с двумя или тремя металлическими или резиновыми захватами, которые подбираются и регулируются в соответствии с формой и диаметром свариваемых труб и деталей при помощи винтов и редукционных вкладышей.



**Рис.4.22. Позиционеры: а – тройной; б - двойной**

По назначению позиционеры бывают для сварки муфт, тройников и отводов, приварки труб к седловым отводам, для сварки длинномерных труб и др. Современные аппараты для сварки деталей с ЗН автоматически управляют процессом сварки, снабжены системой записи (регистрации) и анализа параметров сварки.

К регистрируемым параметрам сварки относятся:

- технологические параметры (напряжение или сила тока, время сварки, время охлаждения),
- информационные показатели: температура воздуха, дата сварки и текущее время, номер соединения, тип, размер и фирма – изготовитель детали с ЗН, код оператора, объект.



Вводить исходные технологические параметры сварки возможно несколькими способами:

1. вручную. Основные параметры сварки и информационные параметры вводятся кнопками с пульта управления. Эту информацию сварщик берет из паспорта изделия, прикладываемого к фитингу. Сварочные аппараты всех фирм-производителей предусматривают этот способ ввода данных. Ввод каждого параметра в ручном режиме производится в режиме диалога после появления на дисплее текста (вопросов) и подтверждается нажатием кнопки;
2. считыванием штрихкода с этикетки на детали или с магнитной карты с помощью оптического карандаша (рис.4.23). В случае невозможности использования (плохом считывании оптическим карандашом) сварщик может ввести параметры вручную. После считывания информации все данные выводятся на дисплей;
3. самоопознаванием («Бритиш Газ», Fusomatic, MEMO). Сварочный аппарат считывает через электрокабель и запоминает необходимую информацию, закодированную во встроенную в деталь микросхему, при фиксированном уровне напряжения на её клеммах;
4. саморегулированием (например, R.A.R., «Хитачи»). Время сварки не задается заранее, а определяется сварочным аппаратом посредством микровыключателей или термочувствительных элементов в штекерах электрокабеля по подъему расплава полимера в специальных лючках.



**Рис.4.23. Ввод данных считыванием штрихкода**

Сварочные аппараты бывают специализированными – только для сварки деталей конкретных фирм (Fusomatic, R.A.R., MEMO) и универсальными – с вводом данных разными способами. Последние позволяют использовать детали различных производителей.

Потребляемая мощность сварочных аппаратов 2,4-4,5 кВт; подаваемое на ЗН напряжение 6-48 В; сила тока – до 100 А.

