

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.10.2023 14:05:22  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

*Локтионова* 2017 г



## СВАРКА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов направления подготовки 15.03.01 Машиностроение  
профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Курск 2017

УДК 621.791

Составитель Н.И. Иванов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.В. Малыхин*

**Сварка полимерных материалов** [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Н.И. Иванов. Курск, 2017. 69 с., ил. 22, табл. 6, прилож. 2. Библиогр.: с. 62.

Содержат сведения по вопросам технологии и оборудования сварки полимерных материалов, необходимые при выполнении лабораторных работ. Указывается необходимое оборудование, материалы, порядок выполнения и оформления отчетов по лабораторным работам.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Работа предназначена для студентов дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *13.02.17*. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. *3,9*. Уч. - изд. л. *3,6*. Тираж *100* экз. Заказ *204* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Составление технологической карты на сварку полиэтиленовых трубопроводов	5
Лабораторная работа № 2. Выбор режимов стыковой сварки термопластов нагретым инструментом	18
Лабораторная работа № 3. Сварка пластмасс нагретым газом	26
Лабораторная работа №4. Сварка пластмассовых труб нагретым инструментом машины ROWELD P 160 SANILINE	35
Лабораторная работа № 5. Раструбная сварка полиэтиленовых труб небольшого диаметра ручным аппаратом CR-ZRJQ-63T	42
Лабораторная работа № 6. Методы контроля сварных соединений при сварке труб из полимерных материалов	49
Список использованных источников	62
Приложение А	63
Приложение Б	67

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе подготовки студентов важную роль играют лабораторные работы, так как самостоятельные практические действия способствуют лучшему усвоению теоретического материала, развитию навыков производственного мышления, а также являются важным этапом приобщения будущих бакалавров к научно-исследовательской работе.

В каждой лабораторной работе кратко дан теоретический материал, сформулирована цель, изложена методика проведения работы, определено содержание отчёта, даны контрольные вопросы, в конце методических указаний приведен список вспомогательной литературы по изучаемому курсу.

В процессе проведения отдельных лабораторных работ преподавателю рекомендуется формулировать индивидуальные задания для студентов с целью достижения большего уровня самостоятельности в работе по данной теме, более эффективного усвоения материала.

Перед выполнением лабораторных работ студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности, получить у учебного мастера необходимую техническую документацию, материалы и инструменты, распределить обязанности между отдельными членами звена во время эксперимента.

Перед началом опытов каждый студент должен ознакомиться с устройством используемого оборудования и характеристиками применяемых в работе измерительных приборов.

До начала экспериментов необходимо подготовить таблицы для записи показаний приборов, измерений и результатов расчетов.

После окончания выполнения работы рабочее место, оборудование и аппаратура приводятся в порядок и сдаются учебному мастеру.

Полученные экспериментальные данные следует проанализировать, обработать, построить необходимые графики, диаграммы и представить их для проверки преподавателю. Опыты, давшие сомнительные результаты, могут быть по указанию преподавателя повторены.

Для более полного ответа на контрольные вопросы во время лабораторных работ целесообразно пользоваться конспектом лекций.

Отчеты по лабораторным работам составляются самостоятельно каждым студентом, оформляются на листах формата А4 с титульным листом на каждую лабораторную работу.

## **Лабораторная работа № 1. Составление технологической карты на сварку полиэтиленовых трубопроводов**

### 1.1 Общие сведения

Для производства пластмассовых труб применяют в основном термопласты, характеристика которых приведена в Приложении А (таблица А1). Для строительства газопроводов используют полиэтиленовые трубы отечественного и зарубежного производства. Отечественные полиэтиленовые трубы для газопроводов, соответствующие требованиям международного стандарта, выпускают по ТУ 6-19-352-87, детали – по ТУ 6-19-359-87 из полиэтилена низкого давления, и они имеют маркировку «ПНД», что соответствует зарубежным трубам из «HDPE».

Зарубежные трубы и детали классов «4» и «5» соответствуют отечественным типам «С» и «Т» и могут применяться для строительства газопроводов в районах с расчетной температурой не ниже 45 °С, соответственно, давлением 0,3 МПа на территории городов и других населенных пунктов и давлением до 0,6 МПа для межпоселковых газопроводов.

Трубы указанных в таблице А2 диаметров и толщин стенок допускается использовать для строительства газопроводов соответствующего давления.

Трубы и детали должны иметь специальную маркировку, например, – ПНД 110 Т ГАЗ ТУ 6-19-352, т.е. трубы и детали из полиэтилена низкого давления диаметром 110 мм типа «Т» для газоснабжения на давление 0,6 МПа, соответствующие требованиям международного стандарта по ТУ 6-19-352-87.

Запрещается использовать для строительства газопровода трубы и детали, не предназначенные для газа или изготовленные из полиэтилена другого типа, то есть имеющие маркировку, отличную от вышеуказанной. Запрещается использовать трубы и детали неустановленного происхождения.

**Виды сварки полиэтиленовых труб.** При строительстве пластмассовых трубопроводов нашли практическое применение следующие виды сварки:

- a) контактная тепловая сварка;
- b) сварка светом;
- c) сварка нагретым газом;
- d) сварка ультразвуком;
- e) сварка током высокой частоты;
- f) сварка трением.

Наиболее распространенным способом соединения полиэтиленовых труб между собой и полиэтиленовыми соединительными деталями является контактная тепловая сварка. Этот способ подразделяется на два вида: *сварка встык нагретым инструментом и вращением*.

*Сваркой встык нагретым инструментом* соединяются трубы и детали с диаметром более 50 мм, толщиной стенки по торцам более 5 мм. Не рекомендуется сварка труб встык с разной толщиной стенок. Трубы диаметром менее 50 мм сваривают *вращением*.

Контактная сварка заключается в нагревании (оплавлении) свариваемых поверхностей до вязкотекучего состояния термопласта при непосредственном контакте их с нагретым инструментом и последующим соединением под давлением с целью формирования сварного шва.

Торцы труб нагревают плоским нагревателем, имеющим форму диска (для труб малых диаметров) или форму кольца (для труб большого диаметра – более 200 ÷ 250 мм).

Технологический процесс соединения труб и деталей сваркой нагретым инструментом включает следующие этапы (рисунки 1.1):

- подготовку труб и деталей к сварке (очистка, сборка, центровка, механическая обработка торцов, проверка совпадения торцов и зазоров в стыке);
- сварку стыка (оплавление, нагрев торцов, удаление нагретого инструмента, осадка стыка, охлаждение соединения).

Все эти операции осуществляются с помощью сварочных устройств и трубосварочных машин.

Основными параметрами процесса стыковой контактной сварки являются:

- температура нагретого инструмента;
- продолжительность нагрева (оплавления) торцов;
- давление нагретого инструмента на торцы при оплавлении;
- давление на торцы при осадке;
- продолжительность паузы между окончанием оплавления и началом осадки;
- время охлаждения стыка.

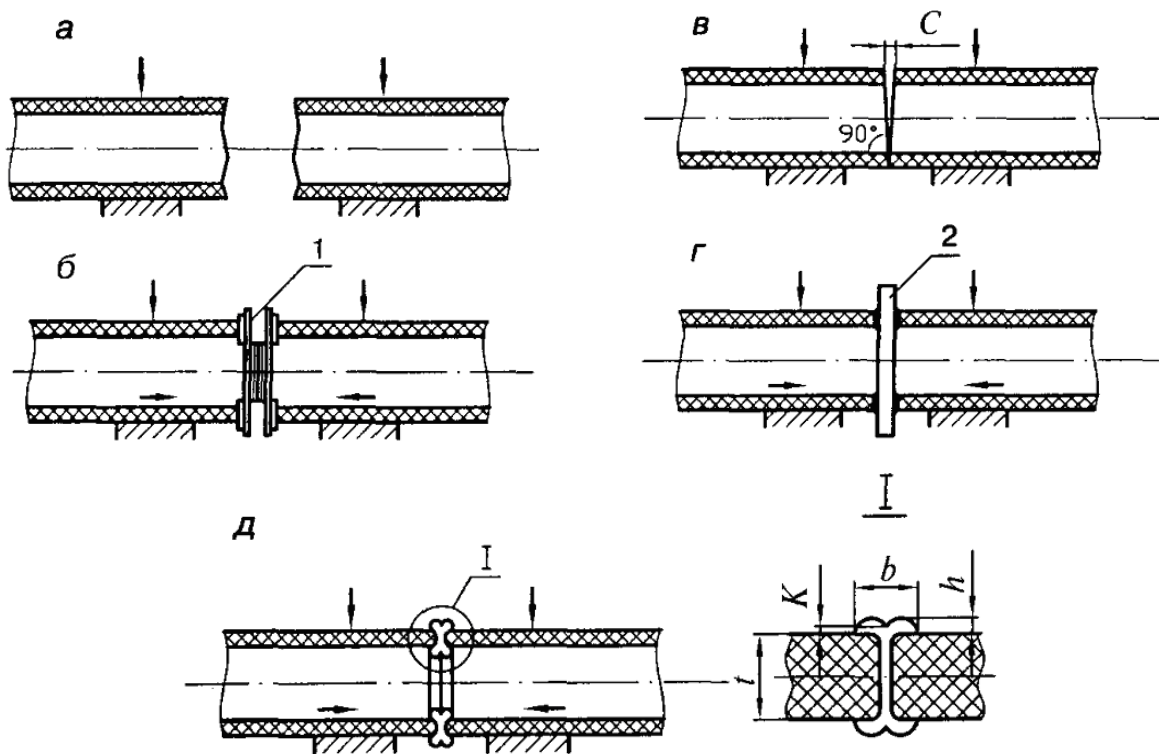


Рисунок 1.1 – Последовательность процесса сборки и сварки встык труб из полиэтилена: *а* – центровка и закрепление в зажимах сварочной машины концов свариваемых труб; *б* – механическая обработка торцов труб с помощью «торцовки»; *в* – проверка соосности и точности совпадения торцов по величине зазора (*С*); *г* – оплавление и нагрев свариваемых поверхностей нагретым инструментом 2; *д* – осадка стыка до образования сварного соединения

Значения параметров режимов сварки труб и соединительных деталей должны соответствовать значениям, приведенным в таблице А3.

Нагрев (оплавление) торцов свариваемых труб и деталей следует осуществлять одновременно посредством их контакта с рабочими поверхностями нагретого инструмента. Рабочие поверхности инструмента, как правило, должны иметь антиадгезионное покрытие из ла-

коткани или эмульсии на основе фторопласта. При отсутствии антиадгезионного покрытия температуру нагретого инструмента следует снизить на 10 °С. Падение температуры нагретого инструмента в процессе оплавления торцов свариваемых заготовок не должно превышать 10 °С от нижнего предела рекомендуемых температур.

Стыковая сварка нагретым инструментом характеризуется:

- качественными сварными швами труб, которые в условиях эксплуатации равнопрочны трубам;
- отсутствием на прямых участках дополнительных деталей (муфт), выполнением соединения одним швом;
- меньшими температурами нагревательного инструмента;
- незначительным выделением вредных газообразных продуктов разложения полимерного материала.

Наряду с преимуществами, стыковая сварка характеризуется следующими недостатками:

- для труб малых диаметров валик шва существенно влияет на площадь проходного сечения;
- для тонкостенных труб с учетом допусков на наружные диаметры и толщины стенок смещение кромок может быть сравнимым с толщиной стенки;
- возможные технологические дефекты, которые создают местные перенапряжения и уменьшают площадь поперечного сечения, в швах тонкостенных труб могут быть соизмеримы с толщиной стенки, что особенно опасно.

Сваркой встык соединяют:

- трубы из ПНД, ПВД и ПП с толщиной стенки более 3 мм, изготовленные по ГОСТ 18599-83\*, ТУ 6-19-352-87, ТУ 38-102-100-76 (рисунок 1.2, а);
- трубы из ПНД по ГОСТ 18599-83\* с соединительными деталями из ПНД по ОСТ 6-19-517-85 и трубы из ПНД по ТУ 6-19-352-87 с соединительными деталями из ПНД по ТУ 6-19-359-87 (рисунок 1.2, в - е; рисунок 1.3).

При *контактной сварке труб в раструб* (рисунок 1.4) одновременно оплавляются внутренняя поверхность раструба и наружная поверхность конца трубы. После окончания нагрева трубу и деталь разводят, инструмент удаляют и быстро вдвигают трубу в раструб до



упора в полку детали. Во избежание остывания оплавленных поверхностей и появления непроваров в сварном шве эта пауза не должна превышать 3 с.

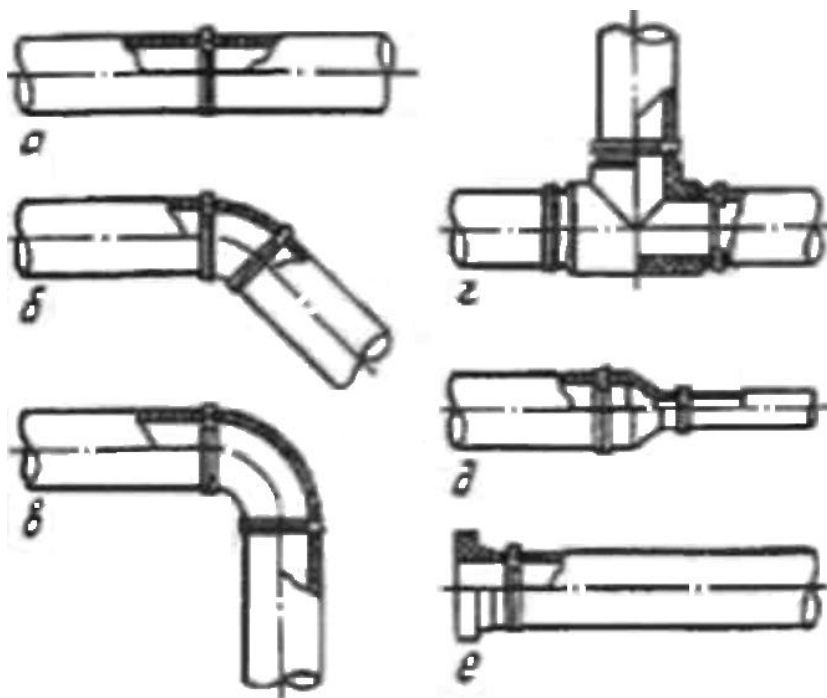


Рисунок 1.2 – Сварные стыковые соединения труб и соединительных деталей из ПНД: *а* – труба с трубой; *б, в* – труб с угольниками соответственно 45° и 90°; *г* – труб с тройником; *д* – труб с переходом; *е* – трубы с втулкой под фланец

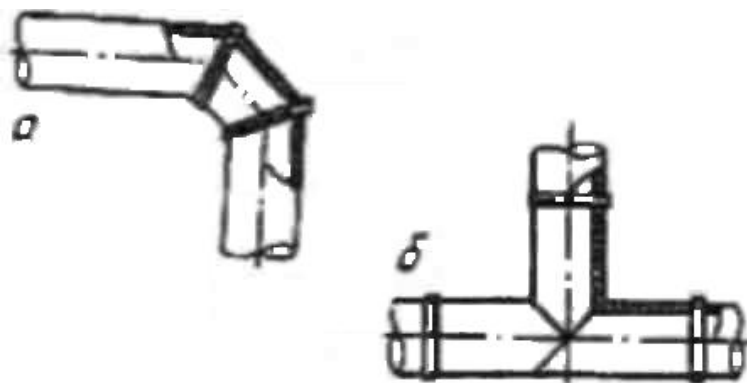


Рисунок 1.3 – Сварные стыковые соединения труб со сварными соединительными деталями: *а* – труб с угольником 90°; *б* – труб с тройником

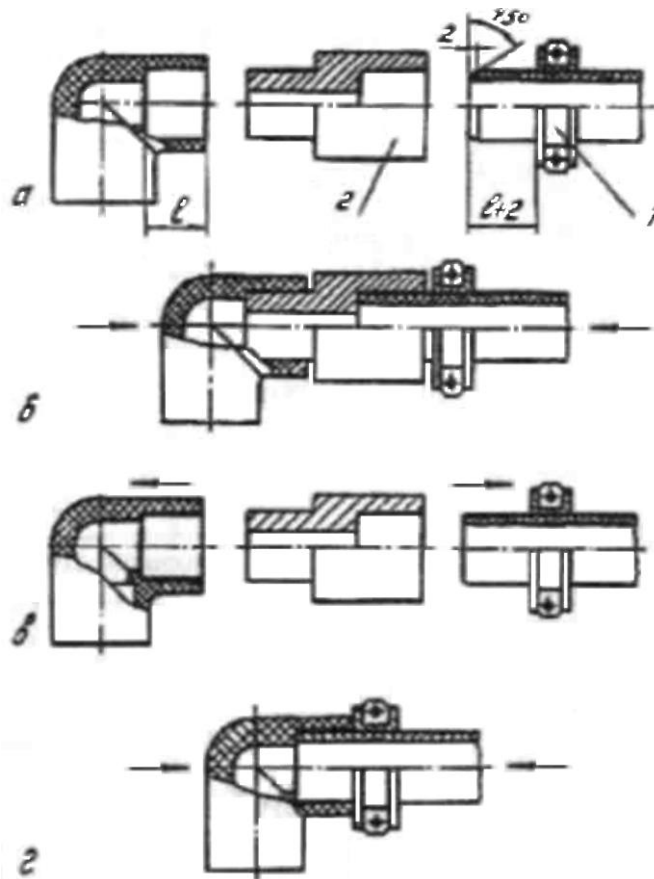


Рисунок 1.4 – Последовательность процесса контактной сварки в раструб труб и соединительных деталей из ПВД: *а* – центровка, закрепление в зажимах сварочного устройства концов свариваемых труб и деталей и установка ограничительного хомута *1*; *б* – установка дорна нагретого инструмента *2* в раструбе и гладкого конца трубы в гильзе; *в* – нагрев (оплавление) свариваемых концов, одновременно снятие их с дорна и гильзы; *г* – соединение концов с выдержкой до затвердевания сплавленного материала

После полного вдвигания конца трубы в раструб не допускается взаимный сдвиг соединяемых поверхностей в течение  $20 \div 30$  с, необходимых для затвердевания расплавленного материала. После каждого цикла сварки рабочие поверхности нагретого инструмента следует тщательно очищать от следов налипшего расплава полиэтилена. Для очистки следует использовать тканые хлопчатобумажные или льняные концы.

Сварку в раструб выполняют на таких же установках, что и стыковую сварку. Однако нагреватель в этом случае состоит из двух элементов: гильзы для оплавления конца трубы и дорна для оплавления

внутренней поверхности раструба. Разность между диаметром гильзы и дорна должна составлять  $0,5 \div 1,0$  мм. Режимы сварки в раструб приведены в таблице А4.

Полиэтиленовые трубы сваривают *муфтами с закладными электронагревателями* по ТУ 2291-033-00203536-96.

Этот метод сварки применяют для соединения труб всех диаметров, а также для приварки к трубопроводу седловых отводов, усиливающих муфт и др.

Детали муфтового типа (муфты, переходы, отводы, тройники) обеспечивают хорошее соединение труб, в том числе из различных материалов, за счет образования не только сварочного соединения, но и за счет обжатия муфтой тела трубы (механического соединения). При приварке седловых отводов отсутствует эффект механического обжатия трубы.

Сварку труб соединительными деталями с закладными нагревателями следует производить в первую очередь:

- при прокладке новых газопроводов, преимущественно из длиномерных труб (плетей) или в стесненных условиях;
- при реконструкции изношенных газопроводов методом протяжки в них полиэтиленовых труб;
- при соединении труб и соединительных деталей с толщиной стенки менее 5 мм;
- для врезки ответвлений в ранее построенные газопроводы;
- при строительстве особо ответственных участков газопровода (пересечение дорог и др.).

Сварку полиэтиленовых газопроводов с применением соединительных деталей с закладными нагревателями следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус  $15^{\circ}\text{C}$  и не выше плюс  $35^{\circ}\text{C}$ . Место сварки необходимо защищать от обдува воздухом и от воздействия влаги, песка и т.п.

Технологический процесс соединения труб с помощью соединительных деталей с закладными нагревателями включает (рисунок 1.5):

- подготовку концов труб (очистка от загрязнений, механическая обработка – циклевка свариваемых поверхностей, разметка и обезжиривание);

- сборку стыка (установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах центрирующего приспособления с одновременной посадкой детали, подключение детали к сварочному аппарату);
- сварку (задание программы процесса сварки, пуск процесса сварки, охлаждение соединения).

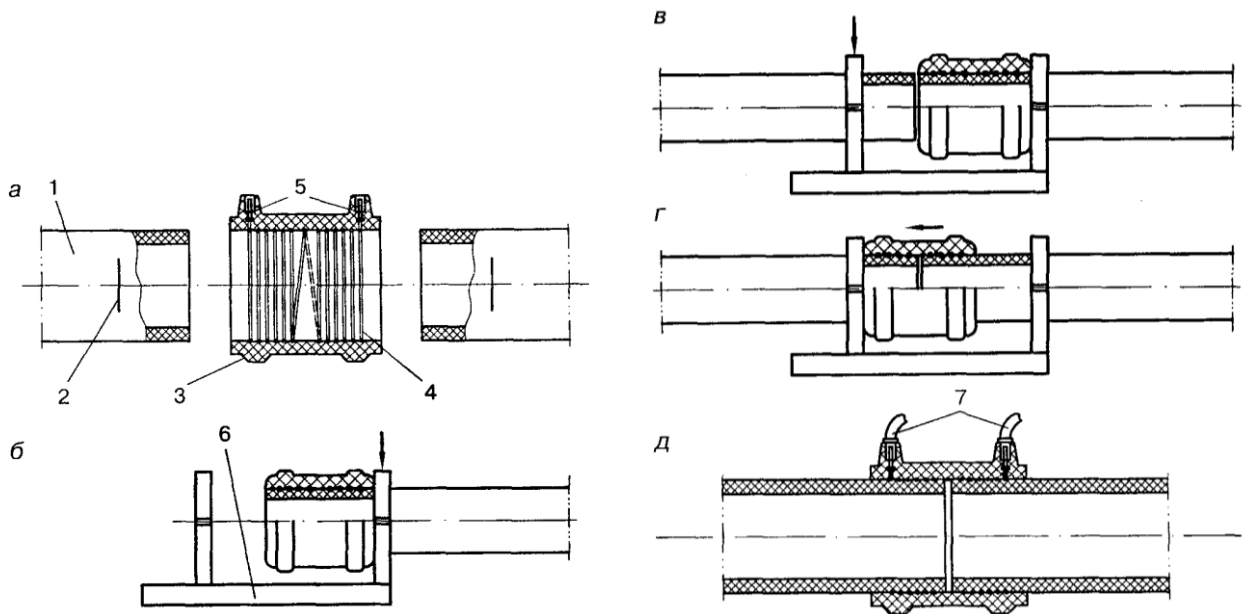


Рисунок 1.5 – Схема соединения труб муфтой с закладным нагревателем: *а* – подготовка соединяемых элементов; *б, в, г* – этапы сборки стыка; *д* – собранный под сварку стык; 1 – труба; 2 – метка посадки муфты и механической обработки поверхности трубы; 3 – муфта; 4 – закладной нагреватель; 5 – клеммы токопровода; 6 – приспособление для сборки; 7 – токопроводящие кабели сварочного аппарата

Очистку концов труб от загрязнений производят так же, как при выполнении сварки встык. Длина очищаемых концов труб должна быть не менее 1,5 длины раструба, применяемого для сварки деталей.

Механическую обработку поверхности концов свариваемых труб производят на длину, равную не менее 0,5 длины используемой детали. Она заключается в снятии слоя с поверхности размеченного конца трубы с помощью ручной или механизированной цикли, а также снятии фасок для удаления заусенцев. При этом кольцевой зазор не должен превышать 0,3 мм, и после сборки на трубе должны быть видны следы механической обработки поверхности.

После механической обработки на концы свариваемых труб на

глубину 0,5 длины муфты маркером наносят метки глубины посадки муфты.

Свариваемые поверхности труб после циклевки и муфты обезжиривают путем протирки салфеткой из хлопчатобумажной ткани, смоченной в спирте или в других специальных рекомендованных составах.

Механическую обработку и протирку труб и деталей производят непосредственно перед сборкой и сваркой.

Сборка стыка заключается в посадке муфты на концы свариваемых труб с установкой по ранее нанесенным меткам, по ограничителю или по упору сборочного приспособления (рисунок 1.5, а).

Процесс сборки включает:

- надевание муфты на конец первой трубы до совмещения торцов муфты и трубы, закрепление конца трубы в зажиме приспособления (рисунок 1.5, б);

- установку в упор первой трубы и закрепление конца второй трубы в зажиме приспособления (рисунок 1.5, в);

- продвижение муфты на конец второй трубы на 0,5 мм длины муфты до упора в зажим приспособления (рисунок 1.5, г) или до метки, нанесенной на трубу;

- подключение к клеммам муфты токоподводящих кабелей сварочного аппарата (рисунок 1.5, д).

В случае, если муфта имеет внутренний ограничитель (кольцевой уступ), то сборка труб производится до упора торцов труб в кольцевой уступ и собранное соединение закрепляется в центрирующем приспособлении.

Если свариваемые концы труб имеют большую, чем допускается по ГОСТ Р 50838, овальность, то перед сборкой стыка для придания им цилиндрической формы используют инвентарные калибрующие зажимы, которые устанавливают на трубы на удалении 15÷30 мм от меток.

Во избежание повреждения закладных нагревателей надевание детали на конец трубы или введение конца трубы в муфту производят без перекосов. Собранные трубы укладывают прямолинейно без изгиба и провисания; клеммы токопровода, муфты располагают со свободным доступом.

Трубы сваривают при обеспечении неподвижности соединения в

процессе нагрева и охлаждения. При включении аппарата процесс сварки происходит в автоматическом режиме. После завершения сварки соединение можно перемешать не ранее, чем по истечении времени охлаждения, указанного в паспорте детали.

*Сварка светом.* Соединяемые кромки нагревают инфракрасными (ИК) или когерентными лучами, получаемыми от мощного электрического источника.

Различают два метода сварки ИК-излучением: проплавлением и оплавлением. В качестве источника ИК-излучения при сварке термопластов используют силитовые стержни (керамический материал, содержащий карбид кремния) либо трубчатые кварцевые лампы с вольфрамовой нитью, например, кольца из хромоникелевой стали (для сварки труб).

Достоинством этого способа сварки является бесконтактный нагрев свариваемых деталей, вследствие чего при непрерывной сварке не требуется антиадгезионных прокладок.

*Сварку ИК-излучением* пластмассовых труб диаметром до 100 и 300 мм осуществляют на автоматизированных установках (таблица А.5). На этих установках ввод излучателя между кромками труб, его вывод и осадку выполняют по заранее установленной программе.

Осадку осуществляют тарированной пружиной, удержание нагревателя между кромками труб – электромагнитом, а отбрасывание – пружиной. На этих установках можно сварить косые стыки и тройники.

*Сварка нагретым газом* – способ, при котором тепло на свариваемые поверхности подают нагретой струей. Сварку газовым теплоносителем можно вести с присадочным материалом и без него.

Трубы толщиной 4 мм и более сваривают прутком за несколько проходов (несколькими слоями). Необходимо подваривать корень разделки с обратной стороны, предупреждая этим непровар. В качестве газа-теплоносителя чаще всего используют воздух. Можно применять азот, углекислый газ и аргон. Основными параметрами режима сварки газовым теплоносителем являются температура газа на выходе из сопла, его расход, скорость сварки и давление на присадочный пруток. Давление газовой струи в зависимости от скорости сварки составляет 0,04...0,09 МПа. Скорость сварки однослойного шва составляет  $(2,5 \div 4,2) \cdot 10^{-3}$  м/с. Режимы сварки нагретым газом приведены

в таблице А6.

*Сварку ультразвуком (УЗ)* ведут на токах частотой  $20\div 50$  кГц, создаваемых ультразвуковым электрическим генератором. Электромагнитные колебания в специальном устройстве с помощью магнитоили электростриктора преобразуются в механические колебания сварочного инструмента – волновода и вводятся в свариваемый материал, где часть энергии механических колебаний переходит в тепловую.

Для большинства пластмасс оптимальной амплитудой смещения конца волновода является  $30\div 40$  мкм. Амплитуда регулируется изменением коэффициента усиления и настройки генератора на собственную частоту системы «волновод-магнитоистриктор» подбором напряжения на обмотке преобразователя.

В зависимости от способности рассеивать ультразвуковую энергию различают три группы пластмасс, каждую из которых характеризует коэффициент затухания УЗ-колебаний  $\beta$ .

Первая группа включает пластмассы с малым коэффициентом затухания  $\beta < 0,35$ . Это полистирол, сополимеры СНП, СН-28, т.е. пластмассы, имеющие высокую жесткость ( $E > 3 \cdot 10^3$  МПа).

Ко второй группе относятся полужесткие термопласты ( $2 \cdot 10^3 < E < 3 \cdot 10^3$  МПа), полипропилен, полиэтилентерефталат, аминопласты, поликарбонаты и другие, коэффициент затухания у которых  $0,35 < \beta < 0,55 \text{ см}^{-1}$ .

Третья группа включает мягкие пластмассы ( $E < 1,5 \cdot 10^3$  МПа), коэффициент затухания которых  $\beta > 0,55 \text{ см}^{-1}$ . Это полиэтилен высокого и низкого давления, поликапроамид (капрон), фторопласт, пластифицированный поливинилхлорид и др.

*Сварку током высокой частоты (ТВЧ)* осуществляют в переменном электромагнитном поле высокой частоты. С этой целью свариваемые детали помещают между пластинами конденсатора, на которые подается напряжение высокой частоты.

Поперечные стыки труб при толщине стенок не более 6...8 мм сваривают на частотах  $40\div 75$  МГц путем нагрева стыков кольцевыми индукторами до температуры  $150\div 160$  °С, но не выше, во избежание значительного снижения прочности. Напряженность электрического поля не следует поднимать выше  $1,4\div 1,5$  В/м при удельной мощности  $1\div 6$  Вт/мм<sup>2</sup>.

*Сварка трением.* Перед сваркой труб трением их концы обраба-

тывают механическим способом для выравнивания кромок и удаления фаски. Далее концы труб центрируют, приводят в соприкосновение и включают устройство для вращения одной из труб, обеих труб или вставки между ними. Требуемая температура сварки косвенно может определяться по изменению цвета около шовной зоны на ширине  $1 \div 1,5$  мм в стороны от поверхности контакта. Прилагаемое давление увеличивается постепенно, достигая перед остановкой максимума. После остановки, которая должна произойти мгновенно, сваренный стык должен остывать под осевым давлением в течение  $5 \div 8$  мин.

## 1.2 Цель работы

Познакомиться с видами сварки полиэтиленовых труб. Составить технологическую карту на сварку полиэтиленовых трубопроводов согласно индивидуальному заданию.

## 1.3 Методика выполнения работы

1.3.1 Ответить на контрольные вопросы (п. 1.5).

1.3.2 Для заданного вида труб (материала, диаметра, толщины стенок) по таблице А1 Приложения А записать их характеристики в технологическую карту, форма которой приведена в таблице 1.1, а пример заполнения дан в таблице А7.

1.3.3 Пользуясь п.1.1, выбрать способ соединения труб.

1.3.4 Согласно монтажно-сборочной схеме выбрать и зарисовать эскизы основных типов соединений, используя рисунки 1.1 – 1.5.

1.3.5 Пользуясь таблицами А3–А6, занести в технологическую карту режимы сварки.

1.3.6 Используя данные п. 1.1, заполнить последовательность операций сборки и сварки.

## 1.4 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- индивидуальное задание;



- технологическую карту на сварку полиэтиленового трубопровода для индивидуального задания.

Таблица 1.1 – Операционная технологическая карта контактной стыковой сварки оплавлением полиэтиленовых труб

Объект строительства	Тип трубопровода		Тип прокладки		Рабочее давление, МПа	Диаметр и толщина стенки, мм	
<b>Характеристика труб</b>							
Стандарт или технические условия на трубы					Материал труб	Тип труб	
<b>Характеристика материала</b>							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел текучести, МПа	Удлинение, %	Модуль упругости, МПа	Теплостойкость, °С	Коэффициент линейного расширения, оС·10 <sup>-4</sup>	Длительная прочность, МПа	
<b>Конструктивные элементы сварных соединений и труб</b>							
Стыкуемые элементы			Тип сварного соединения				
<b>Режимы сварки</b>							
Давление, МПа		Время оплавления, с	Температура нагревателя, °С	Технологическая пауза, с	Температура охлаждения, °С	Время охлаждения, мин	
при плавлении	при осадке						
<b>Перечень и последовательность операций сборки и сварки</b>							
Операции	Содержание операции					Оборудование и инструмент	
Очистка труб							
Сборка							
Сварка							

## 1.5 Контрольные вопросы

1.5.1 Перечислить виды сварки полиэтиленовых трубопроводов.

1.5.2 Для труб какого диаметра применяют сварку встык нагретым инструментом?

1.5.3 Назовите основные параметры процесса стыковой контактной сварки полимерных труб.

1.5.4 Какой формы нагреватели используют для сварки труб встык нагретым инструментом и для каких диаметров?

1.5.5 При какой температуре окружающего воздуха проводится сварка полиэтиленовых газопроводов с применением соединительных деталей с закладными нагревателями?

1.5.6 Что нужно учитывать при сварке ультразвуком разного типа пластмасс?

## **Лабораторная работа № 2. Выбор режимов стыковой сварки термопластов нагретым инструментом**

### 2.1 Общие сведения

Сварка нагретым инструментом является одним из наиболее распространенных способов соединения термопластических пластмасс. Она нашла широкое применение при монтаже трубопроводов: технологических, газоснабжения, магистральных и других объектов.

Существует две разновидности данного способа: сварка с разогревом соединяемых поверхностей посредством контактной теплопередачи от зеркала нагревательного элемента и с нагревом путем излучения от инструмента (нагревательного элемента).

Основными параметрами процесса являются температура нагрева поверхности зеркала инструмента, время разогрева торцов, давление на свариваемые поверхности во время разогрева и при охлаждении, время охлаждения, зазор между деталью и инструментом в случае сварки с нагревом излучением.

Процесс сварки сводится к тому, что соединяемые поверхности небольшим усилием прижимают к поверхности нагретого тем или иным способом инструмента, за счет теплоты которого торцы разогреваются до вязкотекучего состояния; после удаления инструмента к

свариваемым деталям прикладывают (для обеспечения необходимого контакта) некоторое усилие, в присутствии которого происходит охлаждение шва.

Сварка при нагреве излучением аналогична вышеописанной с той лишь разницей, что соединяемые поверхности в процессе разогрева не контактируют с зеркалом нагревательного элемента, а устанавливаются на небольшом расстоянии от него (зазор обычно составляет  $1,5 \div 3$  мм).

Способов разогрева инструмента существует несколько – электрический обогрев, газовым пламенем, в печи и т. д. Конструкция инструмента может быть различной в зависимости от конфигурации свариваемого сечения (диск, кольцо, полоса и т. д.) Наиболее широко этот способ сварки применяется при соединении полиэтилена (низкого давления) НД и высокого давления (ВД), винипласта, полипропилена. Выбор параметров сварки зависит главным образом от марки материала.

*Установка для сварки полиэтиленовых труб УСПТ-20-40*, (рисунок 2.1) предназначена для сборки, фиксации и сварки промышленных трубопроводов из полиэтиленовых труб диаметром 225, 315 и 400 мм. Сварочный блок установки состоит из двух кареток – неподвижной 2 и подвижной 3, в которых закрепляются и центрируются концы полиэтиленовых труб 13, подлежащих сварке.

Подвижная каретка перемещается по двум цилиндрическим направляющим 4, которые одновременно являются элементами гидравлического привода механизма сжатия свариваемых изделий. На каждой каретке находится по два зажима, состоящих из нижней фиксированной полуобоймы 5 и двух верхних откидывающихся секторов 6. Верхние сектора посредством винта 7 с рукояткой обеспечивают фиксацию и зажатие концов свариваемых труб.

Подвижная каретка перемещается по направляющим вручную, с помощью рычага 8, зубчатого колеса 9 и зубчатой рейки 10, а для создания необходимого давления осадки используется гидросистема, состоящая из насоса 11 и гидроцилиндров, которыми одновременно являются цилиндрические направляющие. Для определения давления осадки торцов свариваемых труб на выходе насоса установлен манометр 12.

Важным элементом установки, на которой производятся все

операции по фиксации, торцовке, оплавлению и сварке полиэтиленовых труб, является рама 1, на которой закреплены неподвижно цилиндрические направляющие. Между закрепленными концами свариваемых труб на цилиндрические направляющие последовательно устанавливаются, сначала устройство торцовочное, показанное на рисунке 2.2, а, а затем нагреватель (рисунок 2.2, б).

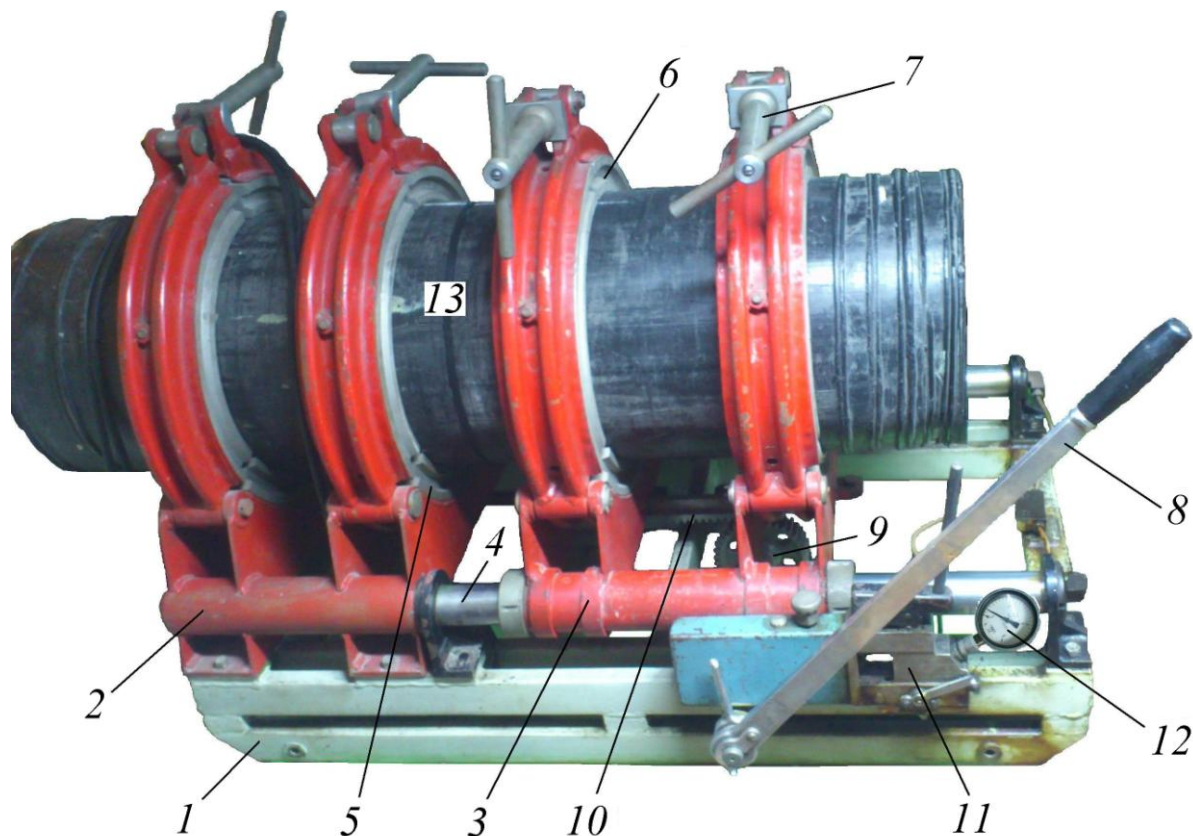


Рисунок 2.1 – Установка УСРТ-20-40: 1 - рама; 2 – каретка неподвижная; 3 – каретка подвижная; 4 – цилиндрическая направляющая; 5 - полуобойма; 6 – сектор; 7 – винт; 8 – рычаг; 9 – зубчатое колесо; 10 – зубчатая рейка; 11 – гидравлический насос; 12 - манометр; 13 – свариваемые трубы

Торцовочное устройство предназначено для механической обработки торцов труб и подготовки их под сварку. Оно используется для одновременного подрезания торцов свариваемых поверхностей полиэтиленовых изделий. Торцовочное устройство состоит из основания 6, рукоятки 1, храповых колес 3 и 8, собачки 2, ножей 4, оси 5, фиксатора 7. Ножи торцовочного устройства регулируемые, и имеют постоян-

ные углы заточки.

При торцовке применяется ручное перемещение подвижного блока. Также ручное перемещение используется для быстрого подвода и отвода подвижного блока к нагревателю.

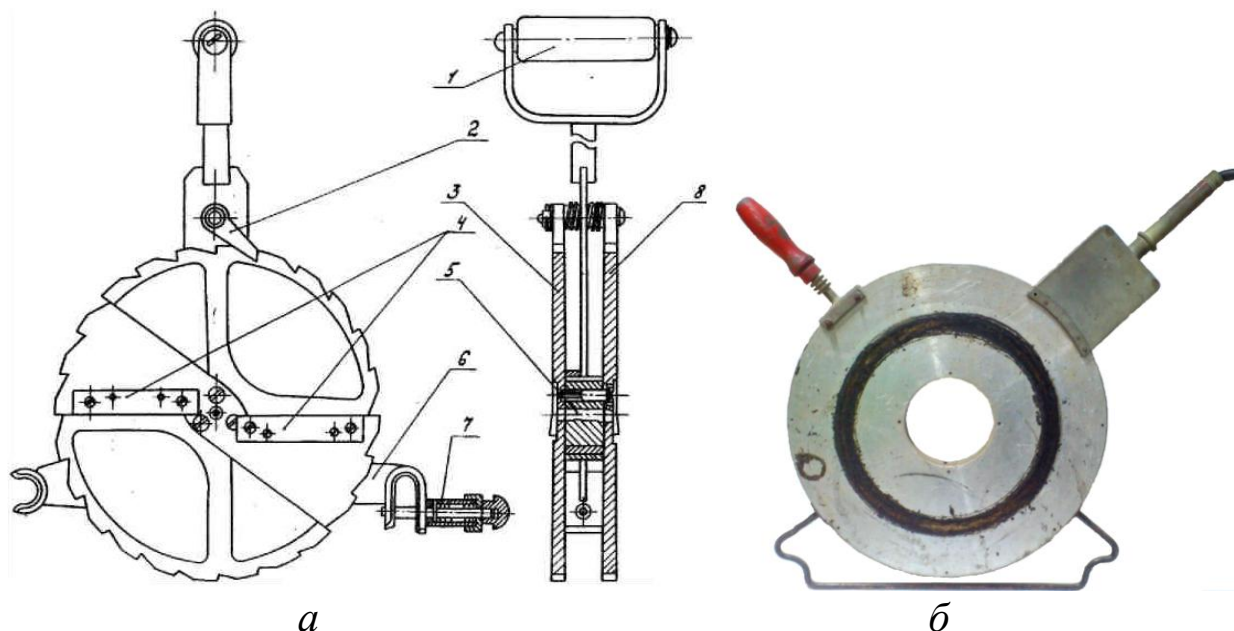


Рисунок 2.2 – Торцовочное устройство (а) и нагреватель (б): 1 – рукоятка; 2 – со-  
бачка; 3, 8 – колёса храповые; 4 – ножи; 5 – ось; 6 – основание; 7 – фиксатор

Нагреватель служит для оплавления свариваемых поверхностей труб и состоит из двух полукорпусов, между которыми находится нагревательный элемент из нихромовой ленты или проволоки, изолированной от корпуса миканитовым слоем. В корпусе находится датчик температуры (термосопротивление), сигнал которого поступает в блок питания для автоматического контроля и стабилизации температуры нагревателя. Напряжение питания нагревателя постоянным током 42В (переменным – 60 В), потребляемая мощность 2 кВА.

Гидросистема сварочного блока предназначена для создания необходимого контактного давления при сварке труб и включает в себя два гидроцилиндра, насос с ёмкостью для рабочей жидкости, манометр, кран и соединительные трубопроводы.

Работа установки осуществляется следующим образом.

Предназначенные для сварки трубы закрепляются в зажимах сварочных блоков, при этом торцы труб должны выступать на 50 мм от

внутренних секторов. Перед оплавлением производится торцовка их концов торцовочным устройством, что позволит снять с торцов труб окисленный слой, а также получить параллельные торцы. Торцовочное устройство устанавливается между торцами труб на цилиндрические направляющие и закрепляется фиксатором. Оплавление торцов труб ведется с помощью электрического нагревателя.

Гидравлической системой сварочного блока создается необходимое давление при оплавлении и сварке полиэтиленовых труб. Контроль давления осуществляется по манометру.

*Технология сварки нагретым инструментом полиэтиленовых труб.* Сварка встык нагретым инструментом заключается в нагревании свариваемых торцов труб до вязкотекучего состояния полиэтилена при непосредственном контакте с нагретым инструментом и последующем соединении торцов под давлением осадки после удаления инструмента.

Основными параметрами процесса сварки встык являются:

- температура нагретого инструмента  $T_{\text{н}}$ ;
- продолжительность оплавления  $t_{\text{оп1}}$  и нагрева  $t_{\text{оп2}}$ ;
- давление нагретого инструмента на торцы при оплавлении  $P_{\text{оп}}$  и нагреве  $P_{\text{н}}$ ;
- продолжительность технологической паузы между окончанием нагрева и началом осадки  $t_{\text{п}}$ ;
- давление на торцы при осадке  $P_{\text{ос}}$ ;
- время охлаждения сваренного стыка под давлением осадки  $t_{\text{ос}}$ ;

Изменение величины параметров по времени в процессе сварки производят по циклограмме, показанной на рисунке 2.3.

Нагрев производится нагревателем, установленным между торцами свариваемых труб. Торцы труб вручную подводятся к нагревателю (*1 этап* оплавления), и далее с помощью гидропривода или вручную создается давление, обеспечивающее плотное прилегание торцов труб к плоскостям нагревателя (*это 2 этап* оплавления). Необходимое давление контролируется установленным на насосе манометром. По истечении заданного времени нагрева торцы труб отводят от нагревателя, убирают нагреватель и прижимают торцы труб друг к другу. Далее сжимают торцы труб в установке с подъемом давления до требуемой величины, в зависимости от марки материала трубы.

Технологические параметры сварки выбирают по таблице А3 в

Приложении А, в соответствии с маркой полиэтилена, из которого изготовлены трубы.

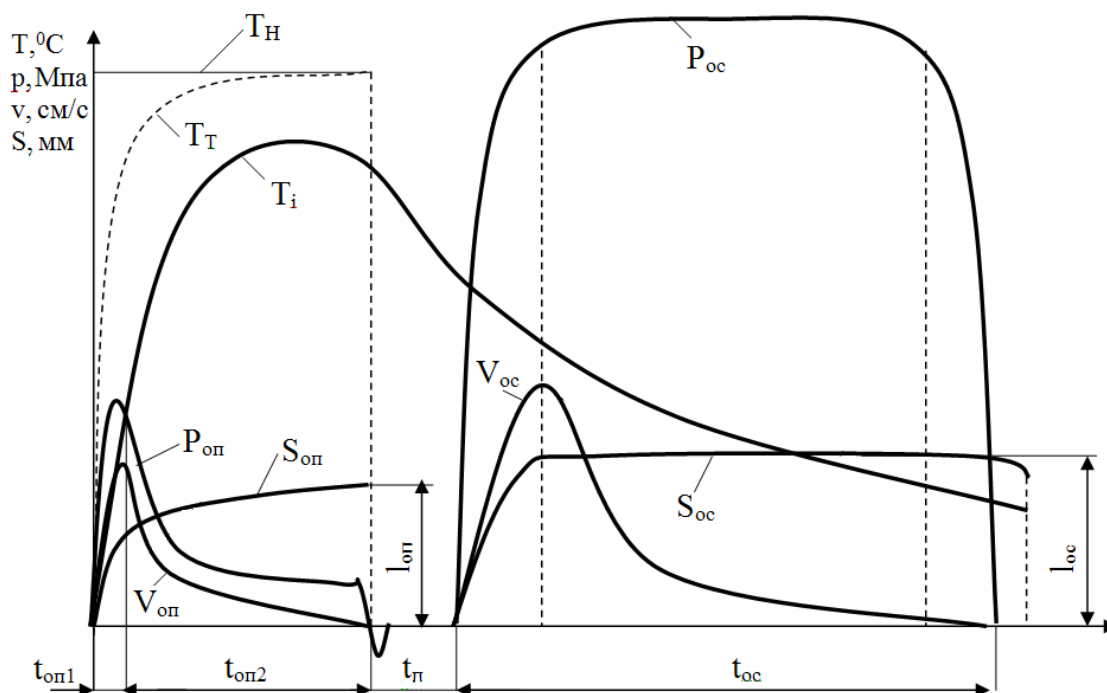


Рисунок 2.3 – Схема изменения технологических параметров в процессе контактной сварки труб оплавлением:  $T_H$ ,  $T_T$ ,  $T_i$  – температура нагревательного инструмента, торца и расплава;  $P_{оп}$ ,  $P_{ос}$  – давление оплавления и осадки;  $V_{оп}$ ,  $V_{ос}$  – скорость оплавления и осадки;  $S_{оп}$ ,  $S_{ос}$  – величина оплавления и осадки;  $t_{оп}$ ,  $t_{ос}$  – время оплавления и осадки;  $t_{п}$  – технологическая пауза;  $l_{оп}$ ,  $l_{ос}$  – максимальные величины оплавления и осадки

## 2.2 Цель работы

Изучить конструкцию и принцип действия установки УСПТ-20-40. На примере сварки одного из представителей термопластов изучить методику определения режимов сварки оплавлением по технологическим таблицам. Получить практические навыки сварки полиэтиленовых труб диаметром 300 мм.

## 2.3 Оборудование и материалы

2.3.1 Установка УСПТ-20-40 для сварки полиэтиленовых труб диаметром 225÷400 мм.

2.3.2 Торцовочное устройство.

2.3.3 Нагреватель

2.3.4 Сварочный трансформатор с напряжением вторичного тока 60 В.

2.3.5 Ножовка.

2.3.6 Труба из полимерного материала диаметром 300 мм.

2.3.6 Цифровой фотоаппарат.

## 2.4 Методика выполнения работы

2.4.1 Проверить и убедиться в работоспособности всех узлов установки, обеспечивающих фиксацию труб и перемещение подвижной каретки.

2.4.2 Проверить торцовочное устройство и его ножи.

2.4.3 Проверить работу нагревателя, подключив его через трансформатор с выходным напряжением 60 В.

2.4.4 Установить свариваемые трубы в подвижную и неподвижную каретки так, чтобы торцы труб выступали на 50 мм от внутренних хомутов.

2.4.5 Отцентровать трубы так, чтобы смещение соединенных торцов труб по наружному диаметру не превышало 10 % от толщины стенки.

***ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ*** – пользоваться удлинительным инструментом для затяжки зажимов хомутов запрещается!

2.4.6 Развести трубы. Установить между ними торцеватель и закрепить его на раме.

2.4.7 Произвести торцевание труб так, чтобы зазор между обработанными торцами труб, приведенных в соприкосновение, не превышал 1,0 мм.

2.4.8 Развести трубы и установить между ними нагреватель. Включить нагреватель и при достижении требуемой (в зависимости от материала свариваемой трубы) температуры нагрева подвести торцы труб к плоскости нагревателя и создать предварительное давление, обеспечивающее плотное прилегание торцов труб к плоскостям нагревателя.

2.4.9 По истечении заданного времени оплавления (определяется из таблицы А3 и визуально по образованию грата на торцах труб) торцы труб отводят от нагревателя, убирают нагреватель (***ОБРА-***



**ТИТЬ ВНИМАНИЕ** – обязательно в кожных и отставляют в сторону!), прижимают торцы труб друг к другу, создавая необходимое давление осадки.

2.4.10 По истечении необходимого времени выдержки под давлением снимают давление и освобождают хомуты.

## 2.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- характеристики материала свариваемой трубы;
- геометрические параметры трубы;
- циклограмму процесса и таблицу со значениями выбранных (по таблице А3) параметров режима;
- фотографии сваренного стыка (с 4-х сторон);
- выводы по работе.

## 2.6 Контрольные вопросы

2.6.1 Назовите разновидности стыковой сварки термопластов нагретым инструментом?

2.6.2 Составные части установки для сварки полиэтиленовых труб?

2.6.3 Назовите основные параметры процесса сварки встык?

2.6.4 Циклограмма процесса сварки встык нагретым инструментом труб из полиэтилена?

2.6.5 В зависимости от чего выбирают температуру рабочей поверхности нагретого инструмента?

2.6.6 От каких факторов зависит время нагрева торцов труб при сварке НИ?

2.6.7 От каких факторов зависит время охлаждения стыка?

2.6.8 Что такое технологическая пауза?

2.6.9 От каких факторов зависит время технологической паузы?

2.6.10 Какую величину составляет давление при оплавлении торцов труб?

2.6.11 Что называют гратом?

2.6.12 Какой высоты должны быть валики первичного грата при

толщине стенки труб от 10 до 12 мм?

### **Лабораторная работа № 3. Сварка пластмасс нагретым газом**

#### **3.1 Общие положения**

Сварка термопластов газовым теплоносителем основана на нагреве соединяемых поверхностей материала до температуры сварки струей нагретого газа. Выполняют ее преимущественно с применением присадочного материала и главным образом вручную с помощью сварочных горелок различной конструкции. Нагретый газ, выходящий из сопла горелки, нагревает одновременно свариваемые кромки и основание прутка, плотный контакт между которыми создает сварщик путем прижатия прутка рукой (рисунок 3.1).

Рассматриваемый способ сварки широко применяется при изготовлении конструкций из винипласта, полиэтилена низкого давления (ПНД) и полиэтилена высокого давления (ПВД), полиметилметакрилата и других термопластов благодаря своей универсальности и простоте оборудования.

Особенно целесообразно этот метод применять в тех случаях, когда необходимо выполнять швы сложной конфигурации при малом масштабе производства, в монтажных условиях и при ремонтных работах.

Этим способом могут быть выполнены швы практически всех видов сварных соединений – стыковых, нахлесточных, угловых и тавровых. Типы выполняемых швов, их условные обозначения и размеры конструктивных элементов определены ГОСТ 16310-70. Выбор типа швов (таблица 3.1) обусловлен главным образом толщиной и свойствами свариваемых материалов, особенностями конструкций и условиями нагружения сварных соединений в процессе эксплуатации.

Основными параметрами процесса сварки являются температура и род газа, состав и диаметр присадочного прутка, давление на пруток, диаметр сопла и расход газа. Выбор этих параметров производится с учетом марки и толщины свариваемого материала. При многорядной сварке каждый последующий ряд укладывают после охла-

ждения предыдущего до температуры не выше 40 °С. Охлаждение рекомендуется проводить медленно.

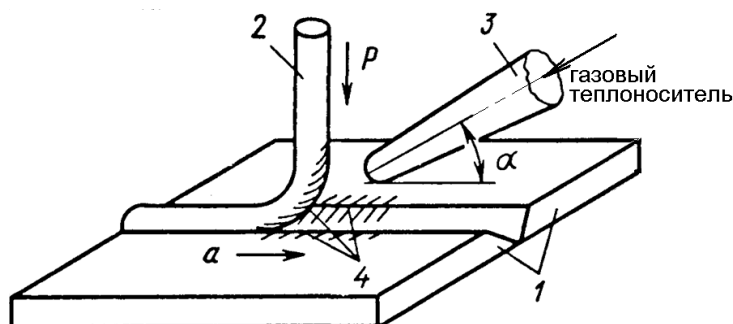


Рисунок 3.1 – Схема сварки газовым теплоносителем с присадкой:  
*P* – давление на пруток; *a* – направление сварки; 1 – свариваемый материал;  
 2 – присадочный материал; 3 – сопло сварочной горелки; 4 – зона нагрева

Таблица 3.1 – Типы и размеры конструктивных элементов сварных соединений, выполняемых сваркой газовым теплоносителем с присадочным материалом

Тип соединения	Толщина металла	Величина зазора	Разделка кромок	Угол разделки кромок, град.
				мм
Стыковое	$\leq 2$	-	-	-
	2 ÷ 4	1,0 ÷ 1,5	-	-
	4 ÷ 10	0 ÷ 1,0	V	70 ± 5
	12 ÷ 20	0 ÷ 1,0	V	60 ± 5
	12 ÷ 20	0 ÷ 1,0	X	60 ± 5
Тавровое	вертикальный лист $\leq 4$	-	-	-
	4 ÷ 20	0 ÷ 1,0	V	45 ± 5
	4 ÷ 20	0 ÷ 1,0	X	45 ± 5

Основными параметрами процесса сварки являются температура и род газа, состав и диаметр присадочного прутка, давление на пруток, диаметр сопла и расход газа. Выбор этих параметров производится с учетом марки и толщины свариваемого материала. При многорядной сварке каждый последующий ряд укладывают после охлаждения предыдущего до температуры не выше 40 °С. Охлаждение рекомендуется проводить медленно.

Правильное распределение теплоты при сварке достигается путем сохранения соответствующего угла наклона сопла сварочной горелки относительно поверхности шва, а также путем непрерывного покачивания горелки в процессе сварки. Для большинства материалов угол наклона горелки к поверхности шва должен составлять  $45^\circ$ .

Расстояние от горелки до нагреваемого материала 5-6 мм. Очень важно в процессе сварки обеспечить правильное положение присадочного материала к поверхности шва. В большинстве случаев присадочный материал рекомендуется держать под углом  $90^\circ$  к поверхности шва (рисунок 3.1).

Присадочные прутки, как правило, изготавливаются из того же материала, который сваривается, иногда с добавкой 10÷15 % пластификатора, снижающего температуру их вязкотекучего состояния.

Образование сварных соединений при сварке газовым теплоносителем, также как и при других методах сварки, возможно только при условии, если поверхности соединяемых материалов находятся в вязкотекучем состоянии, поэтому температура газа-теплоносителя на выходе из сопла горелки должна на  $50\div 100^\circ\text{C}$  превышать температуру текучести полимера.

Основные параметры сварки пластмасс газовым теплоносителем с использованием присадочного материала определяются с помощью таблиц (см. таблицу 3.2).

Каждой определенной температуре соответствует оптимальная скорость процесса, при которой возможно получение сварного соединения максимальной прочности.

Оборудование. Для сварки термопластов газовым теплоносителем с присадочным материалом применяются два типа горелок:

а) горелки с нагревом газосгорающими смесями (газопламенные горелки). Здесь выделяются два вида горелок: горелки косвенного действия, например, ГГК-1, и прямого действия-ГГП-1 (рисунок 3.2);

б) горелки прямого действия с электрическим нагревом газовой струи, например, ГЭП-1 (рисунок 3.3).

В качестве газа-теплоносителя используется азот, углекислый газ, гелий, а также воздух. В качестве горючего газа используется пропан.

Горелки различаются по конструкции и мощности нагревательного элемента, размером сопла, системой подачи и движения газа-теплоносителя и др.

Таблица 3.2 – Режимы сварки некоторых термопластов газовым теплоносителем с присадочным материалом

Материал	Давление, МПа	Характеристика газа-теплоносителя			Скорость, м/мин при диаметре прутка, мм		Давление Р на присадочный материал, Н/мм <sup>2</sup>
		Расход		Температура °С	3	4	
		м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч через 1,0 мм <sup>2</sup> сечения сопла				
Поливинилхлорид	0,006÷0,04	1,5 ÷ 1,8	0,3	200±15	0,17	0,13	3
ПЭВД	0,035÷0,07	2÷3	0,3	240±15	0,17	0,13	3
ПЭНД	0,04÷0,07	2÷3	0,3	250±15	0,17	0,13	3
Пенопласт	0,07÷0,15	2÷3	0,3	300±15	0,15	-	3

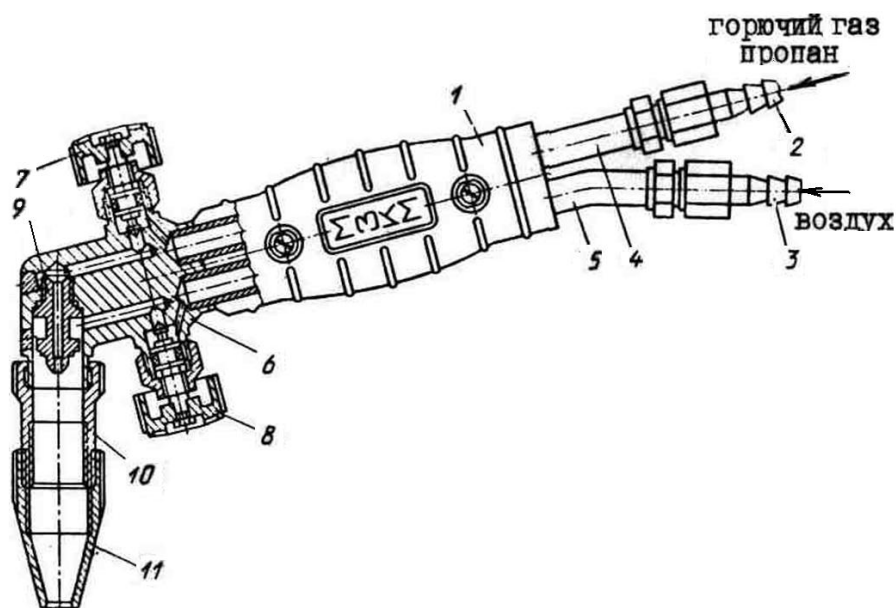


Рисунок 3.2 – Газопламенная горелка прямого действия ГПП-1:  
1 – рукоятка; 2, 3 – штуцеры; 6 – корпус; 7, 8 – регулировочные вентили; 9 – завихритель; 10 – сопло; 11 – мундштук

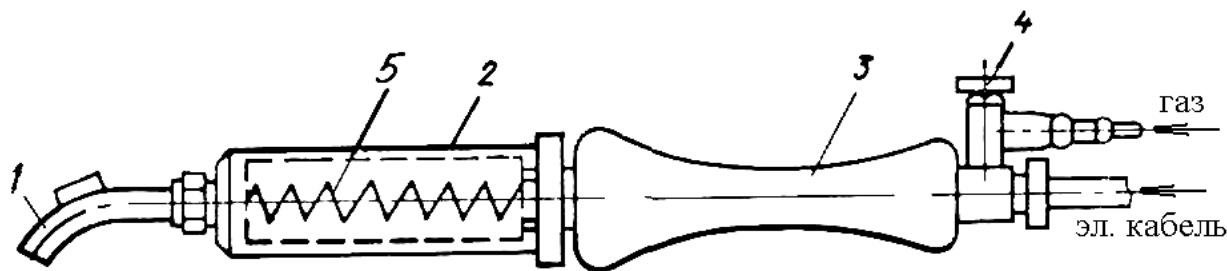


Рисунок 3.3 – Электрическая горелка ГЭП-1: 1 – выходное сопло; 2 – корпус; 3 – рукоятка; 4 – регулировочный вентиль; 5 – электрическая спираль

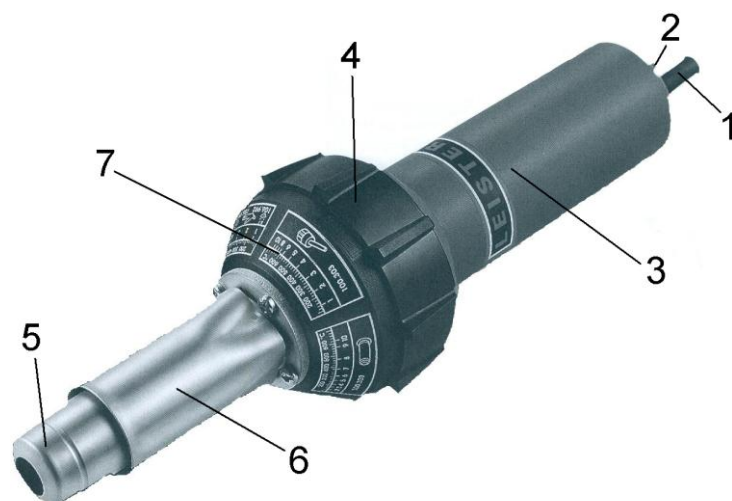
Электрические горелки (рисунок 3.3) состоят из рукоятки 3 с регулировочным вентилем 4, корпуса 2, сопла 1 и нагревательного элемента 5. Внутри рукоятки находятся две трубки для прохода теплоносителя и электрического кабеля. Электрическая спираль уложена на асбестовой пластине в керамической трубке. Газ-теплоноситель под давлением  $0,015 \div 0,1$  МПа ( $0,15 \div 1$  кгс/см<sup>2</sup>) поступает в корпус горелки и при движении по цилиндрическому каналу керамической трубки омывает спираль нагревателя и вытекает из сопла горелки с определенной температурой и скоростью. Температуру газа регулируют изменением электрических параметров нагревателя (в данном случае напряжением) и количеством проходящего через него газа.

Наиболее перспективными в настоящее время являются аппараты горячего воздуха с встроенной его подачей и плавной регулировкой температуры. Часто их называют «фенами». На рисунке 3.4, а показан внешний вид сварочного аппарата TRIAC S компании Leister, который используется для сварки листовых и рулонных термопластичных материалов. С этой целью применяются различные насадки, насаживающиеся на трубку нагревательного элемента фена, и валики, показанные на рисунке 3.4, б. Ниже приведены его технические характеристики.

Отличительными особенностями фенов TRIAC S являются:

- охлаждаемая защитная трубка;
- электронная защита нагревательного элемента;
- автоматическое отключение двигателя по достижении щетками коллектора минимальных размеров;
- множество насадок для разных целей;
- рассчитан на длительную эксплуатацию.

31



а



б

Рисунок 3.4 – Сварочный аппарат TRIAC S: а – внешний вид аппарата; 1 – сетевой кабель; 2 – выключатель; 3 – рукоятка; 4 – резиновая опора; 5 – трубка нагревательного элемента; 6 – защитная трубка; 7 – температурная шкала; б – некоторые насадки и валики, используемые при сварке аппаратом

*Технические характеристики сварочного аппарата TRIAC S*

Напряжение, В	230
Мощность, кВт	1,6
Частота тока, Гц	50/60
Температура воздуха, С°	20÷700, плавная регулировка
Расход воздуха, л/мин.	максимальный 230
Давление воздуха, Па	3000 (0,03 кг/см <sup>2</sup> )
Размеры, мм	340 × 90, диаметр рукоятки 56
Вес, кг	1,3 с кабелем 3 м

### 3.2 Цель работы

Изучить конструкцию сварочной горелки прямого действия с электрическим нагревом газовой струи и сварочного аппарата TRIAC S компании Leister.

Изучить и освоить методику сварки пластмасс газовым теплоносителем с присадочным материалом, используя имеющееся в лаборатории оборудование.

### 3.3 Оборудование и материалы

3.3.1 Горелка прямого действия с электрическим нагревом газовой струи.

3.3.2 Трансформатор с вторичным напряжением 60 В.

3.3.3 Компрессор для подачи сжатого воздуха.

3.3.4 Сварочный аппарат TRIAC S компании Leister.

3.3.5 Насадки фирмы Ляйстер (по указанию преподавателя).

3.3.6 Приспособление для закрепления технологических образцов.

3.3.7 Логометр Ш69006 с термопарой ХК.

3.3.8 Пассатижи.

3.3.9 Технологические образцы из полимерных материалов, толщиной  $2 \div 10$  мм (по указанию преподавателя)

3.3.10 Присадочный материал в виде прутков из полимерных материалов диаметром  $2 \div 6$  мм, и спаренных прутков в виде ленты размером  $2 \times 3$  мм (по указанию преподавателя).

3.3.11 Фотоаппарат.

3.3.12 Пост для сварки газовым теплоносителем.

### 3.4 Методика выполнения работы

3.4.1 Ознакомиться с конструкцией горелки прямого действия с электрическим нагревом газовой струи.

- 1) Подключить горелку к воздушной магистрали и источнику нагрева электрической спирали (подключение осуществляет учебный мастер).



- 2) Подготовить технологические образцы под сварку. Разделить кромки с учетом толщины.
- 3) Закрепить заготовки в сборочном приспособлении с соблюдением требуемых зазоров. Подкладка в приспособлении должна быть изготовлена из дерева или другого плохо проводящего тепло материала.
- 4) Определить все необходимые параметры сварки, пользуясь таблицей А6 Приложения А (материал указывается в каждом случае отдельно).
- 5) Подать воздух в горелку и затем включить цепь питания электрической спирали. **Внимание!** *Обратная последовательность включения ЗАПРЕЩЕНА из-за возможности перегорания спирали. Касание к поверхности корпуса электрической горелки не допустимо, т.к. приводит к сильному ожогу.*
- 6) Установить необходимую температуру и расход газа.
- 7) Произвести сварку.
- 8) Фотографировать выполненное сварное соединение.

#### 3.4.2 Ознакомиться с конструкцией сварочного аппарата TRIAC S.

- 1) Установить необходимую насадку на трубку нагревателя и закрепить винтом.
- 2) Подключить аппарат к электросети.
- 3) Подготовить технологические образцы под сварку. Разделить кромки с учетом толщины образцов.
- 4) Закрепить заготовки в сборочном приспособлении с соблюдением требуемых зазоров. Подкладка в приспособлении должна быть изготовлена из дерева или другого плохо проводящего тепло материала.
- 5) Определить все необходимые параметры сварки, пользуясь таблицей А6 Приложения А.
- 6) Выставить требуемую температуру горячего воздуха на потенциометре аппарата, используя температурную шкалу.
- 7) Включить аппарат выключателем и в течении 5 мин. дать аппарату прогреться до заданной температуры.
- 8) **Внимание!** *Касание к поверхности корпуса нагревателя аппарата не допустимо, т.к. приводит к сильному ожогу.*

9) Произвести сварку.

10) Фотографировать выполненное сварное соединение.

11) После завершения работы потенциометром установите температуру воздуха на ноль и охладите аппарат.

**Внимание!** При смене насадок аппарат необходимо охладить. Использование пассатижей при смене насадок обязательно. Не прикасаться к горячей насадке и непременно укладывать ее при снятии на негорючую поверхность.

### 3.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- характеристики материала технологических образцов;
- геометрические параметры технологических образцов и подготовки кромок;
- таблицу со значениями выбранных (по таблице А6) параметров режима;
- фотографии сваренных технологических образцов;
- выводы по работе.

### 3.6 Контрольные вопросы

3.6.1 Как может осуществляться сварка пластмасс нагретым газом ?

3.6.2 Что является присадочным материалом при сварке пластмасс нагретым газом ?

3.6.3 Как при сварке нагретым газом подается присадочный материал?

3.6.4 Какую разделку кромок выполняют при сварке стыковых и тавровых соединений материалов толщиной от 10 до 20 мм?

3.6.5 Требования к величине угла разделки кромок?

3.6.6 В каких случаях при сварке нагретым газом стыковые швы без разделки кромок ?

3.6.7 Какие технологическим параметром режима являются основными при сварке нагретым газом?

3.6.8 Как подразделяются горелки, которые применяются для сварки нагретым газом ?

3.6.9 Какие типы горелок используются для сварки нагретым газом с электронагревом ?

#### **Лабораторная работа №4. Сварка пластмассовых труб нагретым инструментом машины ROWELD P 160 SANILINE**

##### 4.1 Общие положения

*Машина для сварки пластмассовых труб ROWELD P 160 SANILINE*, предназначена для стыковой сварки нагревательным элементом труб из полиэтилена высокого и низкого давления, полипропилена, полибутена и др. с внешним диаметром от 40 до 160 мм. Машина позволяет сваривать также все типовые фитинги и переходники. Технические характеристики машины:

Свариваемые диаметры	Ø 40 – 160 мм
Максимальный ход	130 мм
Электроторцеватель:	
электроподключение	230 В, 50/60 Гц, 500 Вт, 2,4 А
частота вращения	520 об./мин
Нагревательный элемент:	
электроподключение	230 В, 50 Гц, 800 Вт, 3,6 А
температура	160÷280 °С, электрон. регулировка
диаметр	200 мм
Вес машины в комплекте	57,4 даН
Размеры:	715×680×1180 мм

Машина состоит из следующих основных элементов (рисунок 4.1): моноблочной станины с подвижным столом – 1; электрического торцовочного устройства – 2; нагревательного элемента с электронной регулировкой – 3; двух основных зажимов на трубы диаметром до 160 мм – 5; двух боковых опор для свариваемых труб – 6; передвижной рамы (на рисунке 4.1 не показана) для крепления моноблочной станины с подвижным столом; вкладышей для сварки труб диаметром менее 160 миллиметров – 7.

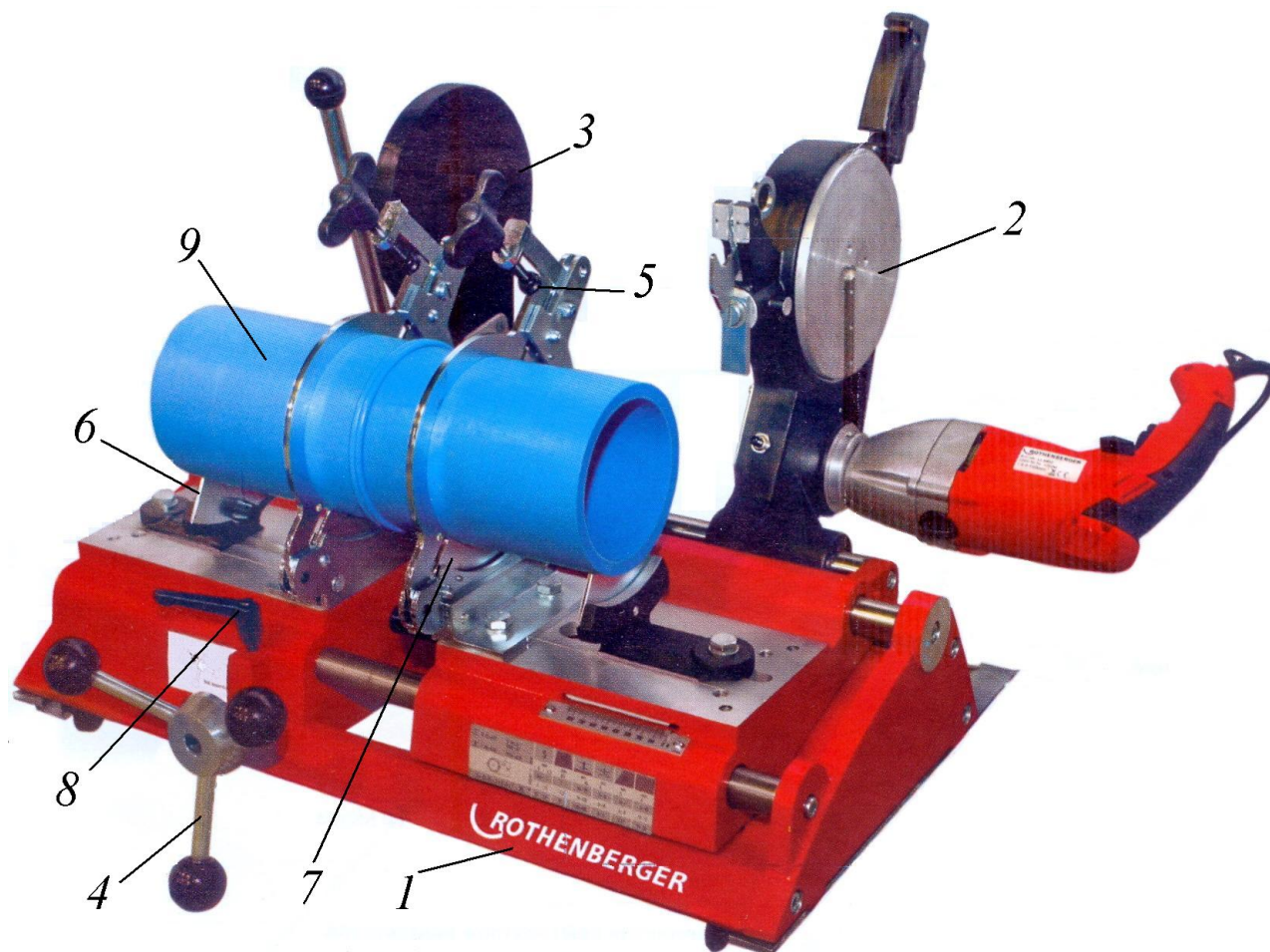


Рисунок 4.1 – Машина для сварки пластмассовых труб ROWELD P 160 SANI-LINE: 4 – рукоятка привода сжатия; 8 – фиксатор усилия; 9 - свариваемая труба (остальные обозначения в тексте)

### ***Подготовка машины к сварке:***

а) Зажимной винт на основных зажимах 5 отвести назад. Верхнюю зажимную колодку отвести вперед или вынуть. Выбрать вкладыши под необходимый диаметр трубы, вставить их в нижние зажимные колодки и зафиксировать винтами. Выбрать верхние зажимные колодки необходимого диаметра и вставить их скошенной стороной наружу.

б) Вставить вкладыши необходимого диаметра в боковые опоры 6. Свариваемые трубы или фитинги вложить в зажимы. Боковые опоры установить на необходимом расстоянии и в необходимом положении относительно зажимов. Опустить верхние зажимные колодки и затянуть зажимные винты.

с) Проверить прочность зажима труб или фитингов. Проверить температуру нагревательного элемента. **Внимание!** *Чтобы распределение температуры по поверхности нагревательного элемента было равномерным, необходимо выждать 10 минут после достижения температуры заданного значения.*

d) Вставить торцовочное устройство между трубами 9 и включить его. Торцы труб прижать к ножам торцовочного устройства до получения сплошной стружки. Если одна из труб не должна быть обработана, то упор на нижней стороне торцовочного устройства необходимо повернуть в сторону этой трубы.

e) После получения сплошной стружки на обоих торцах, трубы медленно развести, освободить фиксатор торцовочного устройства и отвести его назад.

f) Соединив торцы труб, проверить их соосность и плотность прилегания друг к другу. Осевое смещение внешних поверхностей труб не должно превышать 10 % толщины их стенок. Зазор между прилегающими торцами труб не должен превышать 0,5 мм. В противном случае торцевание необходимо повторить еще раз.

**Внимание!** *Обработанные торцы труб должны оставаться чистыми, не допускается трогать их руками.*

Последовательность сварки на машине следующая.

Между торцами труб вставляется нагревательный элемент, и торцы труб прижимаются к нагревательному элементу посредством увеличения усилия сжатия до величины  $F_1$ , определяемой по двухсторонней круговой диаграмме (входящей в комплект поставки машины, рисунок 4.2) или рассчитываемой по формуле, приведенной на информационной табличке, закрепленной на моноблочной станине машины (рисунок 4.3).

$$F = (D - S) \times S \times 3,14 \times Y = [N],$$

где  $D$  – внешний диаметр трубы, мм;

$S$  – толщина стенки трубы, мм;

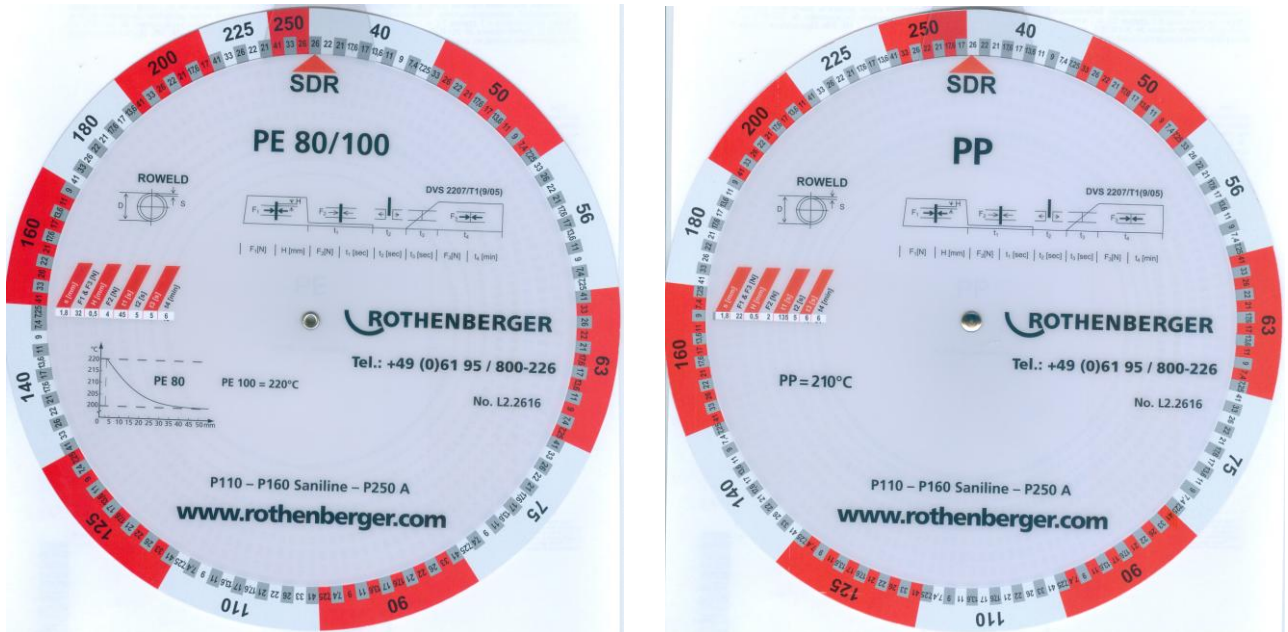
$Y$  – коэффициент, зависящий от материала полимера и этапа сварочного цикла;

$[N]$  – единица измерения, Н.

Трубы фиксируются в таком положении стопорным рычагом 8 (рисунок 4.1). Когда наплыв  $H$  на торцах труб (рисунок 4.2, в) достигнет требуемого размера по всей окружности, стопорный рычаг

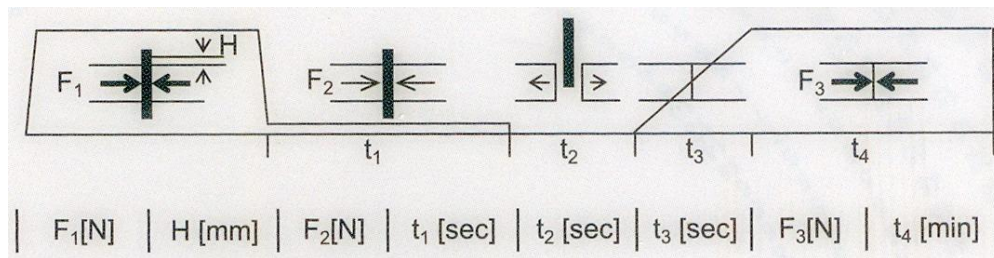


отпускается, и усилие сжатия уменьшают до величины  $F_2$ . Трубы снова фиксируются в этом положении стопорным рычагом. **Внимание:** необходимо проверить равномерное прилегание торцов труб к нагревательному элементу.



а

б



в

Рисунок 4.2 – Двухсторонняя круговая диаграмма для определения параметров режима сварки труб диаметром от 40 до 160 мм: а - параметры для ПЭ 80/100; б – для ПП; в – циклограмма процесса сварки

	Y PE=0,15		Y PP=0,1	S					
	Y PE=0,02		Y PVDF=0,1		mm	mm	sec	sec	sec
			Y PVDF=0,01	0 - 4,5	0,5	45	5	5	6
				4,5 - 7	1	45-70	5-8	5-6	6-10
				7 - 12	1,5	70-120	6-8	6-8	10-16
				12 - 19	2	120-190	8-10	8-11	16-24

Рисунок 4.3 – Информационная таблица параметров режима сварки на стане машины

После истечения времени нагрева  $t_1$ , отпустить стопорный рычаг, развести торцы труб, убрать нагревательный элемент, соединить трубы и плавно, по возможности линейно, увеличить усилие сжатия торцов труб до величины  $F_3$ . Зафиксировать трубы стопорным рычагом. Выполняя данную операцию следить за тем, чтобы:

- время, необходимое для удаления нагревательного элемента, не превышало значения  $t_2$ ;
- период увеличения усилия сжатия торцов труб должен соответствовать значению  $t_3$ .

В течение всего времени остывания  $t_4$  колебания величины усилия соединения не должны превышать  $\pm 6,66 \%$ .

По истечении времени остывания отпустить стопорный рычаг и плавно уменьшить усилие сжатия до нуля. Вынуть трубу из зажимов.

По завершении сварочных работ отключают от сети нагревательный элемент и электрическое торцовочное устройство.

*Регулировка температуры нагревательного элемента.* Сварочная машина ROWELD P 160 SANILINE оснащена цифровым регулятором температуры.

При включении нагревателя в сеть горит красный светодиод «Stand by» (Резерв), означающий, что напряжение подается. Нагревательный элемент включается нажатием большой кнопки, которая загорается зеленым светом. Кнопками «+» и «-» необходимо настроить требуемую для сварки температуру (от  $160 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $285 \text{ }^\circ\text{C}$ ). О разогреве нагревательного элемента до установленной температуры сигнализирует желтый светодиод на нем.

Дополнительно на индикаторе температуры отображаются горизонтальные полосы. Незадолго до достижения заданной температуры (допуск составляет  $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) желтый светодиод погасает, и загорается зеленый. Через 10 минут после этого нагревательный элемент готов к сварке.

## 4.2 Цель работы

Изучить конструкцию и принцип действия машины для сварки пластмассовых труб ROWELD P 160 SANILINE. Освоить методику определения параметров режима сварки по круговым диаграммам и расчета по информационной таблице, закрепленной на станине ма-

шины. Определить влияние неправильной установки труб при сварке на прочность соединения.

### 4.3 Оборудование и материалы

4.3.1 Машина ROWELD P 160 SANILINE для сварки пластмассовых труб диаметром 40÷160 мм.

4.3.2 Торцовочное устройство.

4.3.3 Нагреватель

4.3.4 Двухсторонняя круговая диаграмма.

4.3.5 Ножовка.

4.3.6 Цифровой фотоаппарат.

4.3.7 Труба из полимерного материала диаметром 75÷110 мм.

4.3.8 Разрывная машина РТ-250М.

4.3.9 Шаблон размеров образцов для проведения испытаний.

### 4.4 Методика выполнения работы

4.4.1 Проверить и убедиться в работоспособности всех узлов машины, обеспечивающих фиксацию труб и перемещение подвижного стола.

4.4.2 Проверить торцовочное устройство и его ножи.

4.4.3 Освоить методику установки требуемой температуры нагревателя.

4.4.4 По круговой диаграмме определить требуемые параметры режима сварки для заданного сечения и материала трубы.

4.4.5 Выполнить проверку параметров расчетным путем и по данным информационной таблицы, закрепленной на станине машины.

4.4.6 Установить свариваемые трубы в зажимах машины на подвижном и неподвижном столах так, чтобы торцы труб выступали на 50 мм от внутренних боковых поверхностей основных зажимов.

4.4.7 Проверить центровку труб, чтобы смещение соединенных торцов по наружному диаметру не превышало 10 % от толщины стенки.

4.4.8 Развести трубы. Установить между ними торцеватель.



4.4.9 Произвести торцевание так, чтобы зазор между обработанными торцами труб, приведенных в соприкосновение, не превышал требуемого значения.

4.4.10 Развести трубы, установить между ними нагреватель и выполнить процесс сварки по циклограмме, указанной на рисунке 4.2, в, в соответствии с выбранными параметрами режима.

4.4.11 По истечении необходимого времени выдержки под давлением снять давление, освободить зажимы и снять трубу.

4.4.12 На новых трубах выполнить пункты 4.4.6÷4.4.11, но, по указанию преподавателя, установить трубы со смещением торцов по наружному диаметру более 10 % от толщины стенки или, чтобы зазор между обработанными торцами труб, приведенных в соприкосновение, превысил требуемое значение.

4.4.13 Из обеих сваренных труб по шаблону вырезать по 4 образца для проведения испытаний на прочность при отрыве.

4.4.14 Испытать образцы на разрывной машине РТ-250М.

## 4.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- характеристики материала свариваемой трубы;
- геометрические параметры сечения трубы;
- циклограмму процесса и таблицу со значениями выбранных по круговой диаграмме и определенных по данным информационной таблицы, закрепленной на станине машины параметров режима;
- фотографии каждого сваренного стыка (с 4-х сторон);
- результаты испытаний образцов на прочность;
- выводы по работе.

## 4.6 Контрольные вопросы

4.6.1 Составные части машины ROWELD P 160 SANILINE для сварки полиэтиленовых труб?

4.6.2 Назовите основные параметры процесса сварки пластмассовых труб встык?

- 4.6.3 От чего зависит требуемая температура нагревателя?
- 4.6.4 Как пользоваться круговой диаграммой для выбора параметров режима сварки?
- 4.6.5 От каких факторов зависит время технологической паузы?
- 4.6.6 Что называют гратом?
- 4.6.7 Какой геометрический параметр грата должен контролироваться при сварке?

### Лабораторная работа № 5. Раструбная сварка полиэтиленовых труб небольшого диаметра

#### 5.1 Общие положения

*Сущность процесса.* При сварке с нахлесточным швом при контактном нагреве (*раструбная сварка*) труба и фасонная деталь свариваются внахлест. Конец трубы и муфта фасонной детали разогреваются нагревательным элементом до температуры сварки и затем соединяются. Конец трубы, нагревательный элемент и муфта фасонной детали по размерам подгоняются так, что в процессе сварки создавалось давление в соединении (рисунок 5.1).

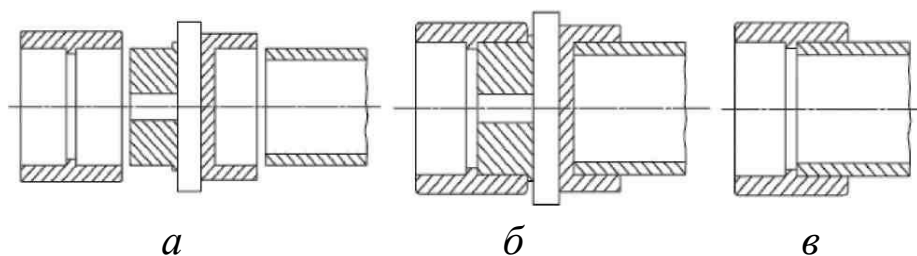


Рисунок 5.1 – Раструбная сварка: *а* – подготовка к сварке; *б* – выравнивание и прогрев; *в* – соединение и охлаждение

Сварка с нахлесточным швом с контактным нагревом труб с наружным диаметром до 40 мм может производиться вручную. Для больших диаметров из-за увеличивающихся усилий совмещения необходимо использовать сварочные приспособления.

Ориентировочные значения для раструбной сварки с контактным нагревом труб и фасонных деталей из различных полимерных материалов приведены в таблице 4А Приложения А.

*Оборудование.* Для раструбной сварки труб небольшого диамет-

ра выпускается достаточно большое количество аппаратов отечественных и зарубежных производителей. Все они имеют типовую конструкцию, но могут отличаться мощностью нагревателя, схемой управления, конструктивным исполнением, материалом нагревательных насадок (гильз и дорнов), а также корпуса нагревателя.

Особенности сварочных аппаратов рассмотрим на примере модели CR-ZRJQ-63T. Данный ручной аппарат (рисунок 5.1) с электронной регулировкой температуры предназначен для сварки пластиковых труб ПЭ, ПП, ПБ, ПВДФ диаметром от 20 до 63 мм. Он используется для монтажа внутренних систем водоснабжения и отопления.



Рис.14 Сварочный аппарат CR-ZRJQ-63T:

1 – электронагреватель аппарата; 2 – струбцина; 3 – панель элементов управления аппаратом; 4 – индикатор готовности аппарата к работе; 5 – рукоятка аппарата; 6 – электрический кабель с вилкой; 7 – парные сменные нагреватели в комплекте

Аппарат имеет высококачественное антиприлипающее покрытие, ЖК-дисплей регулятор температуры, световой индикатор контроля электрической сети, сменные нагревательные насадки для диаметров труб 20, 25, 32, 40, 50 и 63 мм. Возможно крепление аппарата на струбцине или опоре.

*Принцип работы сварочного аппарата.* Сварочный аппарат представляет собой электрический прибор, работающий при напряжении сети 220 В, мощностью 800 Вт. В корпусе электронагревателя размещен нагревательный элемент (далее ТЭН). Корпус электронагревателя оснащён тремя посадочными отверстиями для крепления сменных насадок.

Терморегулятор автоматически поддерживает заданную температуру насадок, которая устанавливается при помощи кнопок на панели элементов управления аппаратом в диапазоне 200÷279 °С. При подключении аппарата в сеть загорается световой индикатор контроля электрической сети. При достижении заданной температуры загорается индикатор готовности аппарата к работе.

Размеры нагревательных элементов (рисунок 5.2) соответствуют указанным в таблице 5.1 величинам:

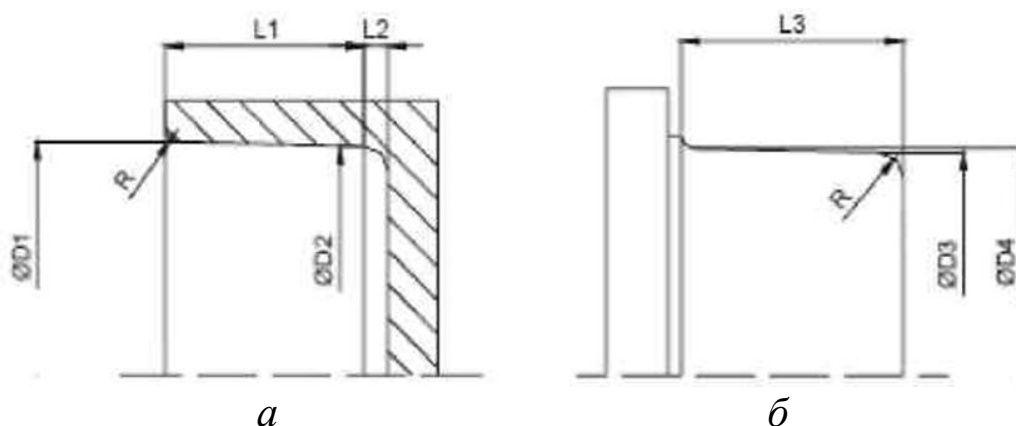


Рисунок 5.2 – Нагревательные элементы: *a* – гильза; *б* – дорн

*Технология выполнения раструбной сварки.* Внутренний диаметр раструба соединительных деталей должен быть меньше номинального наружного диаметра свариваемой трубы в пределах допуска.

Концы труб при раструбной сварке должны иметь наружную фаску под углом 45° на 1/3 толщины стенки трубы (таблица 5.2).

Контактная раструбная сварка включает в себя следующие операции:

- нанесение метки на расстоянии от торца трубы, равном глубине раструба соединительной детали плюс 2 мм;
- установку раструба на дорне;
- установку гладкого конца трубы в гильзе нагревательного

элемента;

- нагрев в течение заданного времени свариваемых деталей;
- одновременное снятие деталей с дорна и гильзы;
- соединение деталей между собой до метки с выдержкой до отвердения оплавленного материала.

Таблица 5.1 – Конструктивные размеры нагревательных элементов

Диаметр трубы	$\varnothing D1$	$\varnothing D2$	$\varnothing D3$	$\varnothing D4$	$L1$	$L2$	$L3$	$R$
мм								
16	15,9	15,76	15,37	15,5	14	4	13	2,5
20	19,85	19,7	19,31	19,45	15	4	14	2,5
25	24,85	24,68	24,24	24,4	17	4	16	2,5
32	31,85	31,65	31,17	31,35	19,5	5	18	3,0
40	39,8	39,58	39,1	39,3	21,5	5	20	3,0
50	49,8	49,55	49,07	49,3	24,5	5	23	3,0
63	62,75	62,46	61,93	62,2	29	6	27	4,0

Таблица 5.2 – Размеры фасок и глубины ввода при раструбной сварке

Диаметр трубы	Фаска на трубе		Глубина ввода	
	ПЭВП, ПП	ПВДФ	ПЭВП, ПП	ПВДФ
$d, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$t, \text{мм}$	$t, \text{мм}$
16	2	2	13	13
20	2	2	14	14
25	2	2	16	16
32	2	2	17	18
40	2	2	18	20
60	2	2	20	22
63	3	3	26	26
75	3	3	29	31
90	3	3	32	35
110	3	3	35	41

При сварке (рисунок 5.3) поворот деталей относительно друг друга после сопряжения деталей не допускается. После каждой сварки необходима очистка рабочих поверхностей от налипшего материала.

ла. Время выдержки свариваемых изделий до частичного отверждения зависит от применяемого материала.



Рисунок 5.3 – Нагрев трубы и муфты при раструбной сварке полиэтиленовых труб

Подготовка сварного шва выполняется непосредственно перед сваркой. Концы трубы отрезают под прямым углом и с внутренней кромки гратоснимателем удаляют заусенцы. Кроме того, нельзя забывать снимать фаску с детали, которая имеет меньший диаметр. Эта процедура позволит облегчить сборочный процесс.

В процессе выполнения работ не допускается попадание различных песчинок или другой мелкой фракции между деталями. Чтобы это предотвратить, следует перед сваркой протирать торцы соединений сухой ветошью или свариваемые поверхности трубы и фасонной детали необходимо основательно прочистить бумагой, не оставляющей волокон, и обезжирить. Для обезжиривания поверхности целесообразно применять спиртовые компоненты. Как правило, используют этиловый (изобутиловый) спирт. Ацетон, весьма распространенный в качестве обезжиривающего средства для лакокрасочных материалов, не годится для полимерных труб – он просто разрушает поверхность, делает ее рыхлой и непрочной. Обезжиривание позволит увеличить эффективность сварного шва. Поверхность трубы можно обработать циклей и отметить на трубе глубину ввода.

Перед тем, как начать сварку полимерных труб, специалисты рекомендуют потренироваться на их обрезках. После выполнения всех работ по свариванию системы водоснабжения или отопления

рекомендуется выждать один час и только после этого заполнять трубы водой. Стыкам необходимо как следует застыть, иначе велик риск их деформирования или разгерметизации.

Монтаж и сварка полипропиленовых труб не требуют большого опыта или багажа знаний, достаточно иметь определенный практический навык.

## 5.2 Цель работы

Ознакомиться с конструкцией ручного сварочного аппарата модели CR-ZRJQ-63T. Получить практический навык выполнения раструбной сварки полиэтиленовых труб небольшого диаметра.

## 5.3 Оборудование, инструменты и материалы

5.3.1 Сварочный аппарат модели CR-ZRJQ-63T.

5.3.2 Нагревательные гильзы и дорны требуемых размеров.

5.3.3 Ножницы.

5.3.4 Фаскосниматель.

5.3.5 Рулетка.

5.3.6 Маркеры;

5.3.7 Зачистка (наждачная шкурка);

5.3.8 Полимерные трубы диаметром 20 мм.

5.3.9 Переходные насадки (муфты) для труб диаметром 20 мм.

## 5.4 Порядок выполнения работы

5.4.1 Ознакомиться с конструкцией аппарата, методикой установки требуемой температуры нагревателя.

5.4.2 Закрепить сварочный аппарат на струбцину.

5.4.3 Закрепить парные сменные насадки требуемого диаметра на электронагревателе.

5.4.4 Подключить аппарат к электрической сети.

5.4.5 Установить температуру сварки с помощью кнопок на панели элементов управления аппаратом.

5.4.6 При достижении заданной температуры нагревателя (ориентируясь на показания индикатора готовности аппарата к работе) приступить к

сварочным работам.

5.4.7 Для производства сварки необходимо надеть муфту на сварочную насадку, а трубу вложить в отверстие насадки с противоположной стороны. В таком положении трубу и муфту следует удерживать в течение предписанного времени нагрева (см. таблицу А4).

5.4.8 После нагрева следует быстро снять муфту и трубу с насадок, ввести трубу в муфту до упора и удерживать неподвижно для охлаждения в течение предписанного времени (см. таблицу А4).

5.4.9 Не допускается поворот вокруг оси трубы и муфты во избежание деформации изделия.

5.4.10 Охладить сварное соединение (таблица А4).

5.4.11 Проверить внешний наплыв сварного шва. При этом он должен просматриваться по всей окружности трубы.

5.4.12 Выполнить сварку соединения по пунктам 5.4.6÷5.4.11, при вставке трубы в муфту на 2/3 длины нагретой части.

5.4.13 Разрезать пополам образцы сварных соединений вдоль продольной оси.

5.4.14 Фотографировать каждое сечение образцов сварных соединений.

## 5.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- характеристики материала свариваемой трубы и муфты;
- геометрические параметры сечения трубы и муфты;
- геометрические параметры сечения насадок – гильзы и дорна;
- циклограмма процесса со значениями выбранных по таблице А4 Приложения А параметров режима;
- фотографии фрагментов каждого из сечений сваренных стыков;
- выводы по работе.

## 5.6 Контрольные вопросы

5.6.1 Суть технологического процесса раструбной сварки?



5.6.2 Последовательность технологического процесса раструбной сварки?

5.6.3 От каких факторов зависит выбор температуры нагревательного инструмента?

5.6.4 К какому типу относится раструбная сварка?

5.6.5 Допускается ли принудительное охлаждение сварного соединения при раструбной сварке?

5.6.6 К чему приводит превышение установленной температуры нагретого инструмента при раструбной сварке?

## **Лабораторная работа № 6. Методы контроля сварных соединений при сварке труб из полимерных материалов**

### 6.1 Общие положения

*Технические требования к контролю качества сварных соединений.* Контролю качества подвергаются сварные соединения полиэтиленовых труб, соответствующих требованиям СНиП 42-01 и положениям СП 42-103-2003.

Методы контроля качества сварных соединений подразделяются на *обязательные* (экспресс) методы, проводимые лабораториями строительно-монтажных организаций, и *специальные*, которые рекомендуются к использованию отраслевыми испытательными центрами в случае необходимости подтверждения результатов экспресс-методов, проведения углубленных исследований и других целей.

Вырезку контрольных соединений из газопровода осуществляют, как правило, в период производства сварочных работ с целью исключения вварки «катушек». Контрольные соединения выполняются по требованию органов надзора в случаях обнаружения нарушений технологии сварки.

Сварные соединения, забракованные при внешнем осмотре и измерениях, исправлению не подлежат и должны быть из газопровода удалены.

При неудовлетворительных результатах испытаний сварных соединений экспресс-методами необходимо произвести проверку удвоенного числа соединений тем же методом контроля, по которому были получены неудовлетворительные результаты. Если при повторной

проверке хотя бы одно из проверяемых соединений окажется неудовлетворительного качества, то сварщик отстраняется от работы и направляется для переаттестации или проверяется сварочная техника, которая использовалась для сварки этих стыков.

Контрольные сварные соединения должны быть подвергнуты:

- а) визуально-измерительному контролю;
- б) неразрушающему контролю физическим методом (УЗК);
- в) механическим испытаниям.

Перечень методов испытаний, обязательных при проведении контроля качества сварных соединений, приведен в таблице Б.1 Приложения Б.

Обязательным методам оценки подвергаются сварные соединения, выполняемые перед началом строительства газопроводов (допускные стыки) и отбираемые из числа стыков, сваренных каждым сварщиком на объекте строительства (контрольные стыки).

Перечень специальных методов испытаний, рекомендуемых к проведению при оценке качества сварных соединений, приведен в таблице Б.3.

### 6.1.1 Обязательные методы контроля сварных соединений

*Внешний осмотр.* Внешнему осмотру подвергаются соединения, выполненные любым способом сварки. Рекомендуется иметь на предприятии контрольные образцы соединений, по которым можно вести наглядное сравнение внешнего вида сварных соединений трубопровода.

Внешний вид сварных соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык, отвечает следующим требованиям:

- валики сварного шва должны быть симметрично и равномерно распределены по окружности сваренных труб;
- цвет валиков должен быть одного цвета с трубой и не иметь трещин, пор, инородных включений;
- симметричность шва (отношение ширины наружных валиков грата к общей ширине грата) должна быть в пределах  $0,3 \div 0,7$  в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах  $0,2 \div 0,8$ ;
- смещение наружных кромок свариваемых заготовок не должно

превышать 10 % толщины стенки трубы (детали);

- впадина между валиками грата К (линия сплавления наружных поверхностей валиков грата) не должна находиться ниже наружной поверхности труб (деталей);

- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°.

Размеры валиков наружного грата швов зависят от толщины стенки и материала свариваемых труб (деталей). В таблице Б.2 приведены данные, полученные при сварке труб (деталей) из ПЭ 80, для труб (деталей) из ПЭ 100 эти размеры меньше на 15%.

Допускается производить определение расположения впадины между валиками грата и замер самих валиков после срезания наружного грата по всему периметру трубы. Срезание наружного грата должно производиться при помощи специальных приспособлений, не наносящих повреждений телу трубы и не выводящих толщину стенки за пределы допускаемых отклонений.

Отдельные наружные повреждения валиков сварного шва (срезы, сколы, вдавленности от клеймения стыка) протяженностью не более 20 мм и не затрагивающие основного материала трубы считать браком не следует.

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных нагретым инструментом встык, приведены в таблице Б.4.

Отдельные наружные повреждения валиков сварного шва (срезы, сколы, вдавленности от клеймения стыка) протяженностью не более 20 мм и не затрагивающие основного материала трубы считать браком не следует.

Внешний вид сварных соединений, выполненных при помощи деталей с закладными нагревателями, отвечает следующим требованиям:

- трубы за пределами соединительной детали должны иметь следы механической обработки (зачистки);

- индикаторы сварки деталей должны находиться в выдвинутом положении;

- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°;

- поверхность деталей не должна иметь следов температурной деформации или сгоревшего полиэтилена;

- по периметру детали не должно быть следов расплава полиэтилена, возникшего в процессе сварки.

*Испытаниям на осевое растяжение* подвергаются соединения, выполненные сваркой нагретым инструментом встык.

Критерием определения качества сварного соединения, выполненного сваркой встык, является характер разрушения образцов.

Различают три типа разрушения:

- *тип I* – наблюдается после формирования «шейки» – типичного сужения площади поперечного сечения образца во время растяжения на одной из половин испытываемого образца. Разрушение наступает, как правило, не ранее чем при достижении относительного удлинения более 50 % и характеризует высокую пластичность. Линия разрыва проходит по основному материалу и не пересекает плоскость сварки;

- *тип II* – отмечается при достижении предела текучести в момент начала формирования «шейки». Разрушение наступает при небольших величинах относительного удлинения, как правило, не менее 20 %, и не более 50 %, и характеризует низкую пластичность. Линия разрыва пересекает плоскость сварки, но носит вязкий характер;

- *тип III* – происходит до достижения предела текучести и до начала формирования «шейки». Разрушение наступает при удлинении образца, как правило, не более 20 % и характеризует хрупкое разрушение. Линия разрыва проходит точно по плоскости сварки.

Результаты испытания считаются положительными, если при испытании на осевое растяжение не менее 80 % образцов имеют пластичный характер разрушения *I типа*. Остальные 20 % образцов могут иметь характер разрушения *II типа*. Разрушение *III типа* не допускается.

При хрупком разрыве по шву для определения причин разрушения анализируются характер излома и дефекты шва.

*Ультразвуковому контролю* подвергаются соединения полиэтиленовых труб, выполненные сваркой нагретым инструментом встык и соответствующие требованиям визуального контроля (внешнего осмотра).

Количество сварных соединений, подвергаемых ультразвуковому контролю, следует определять по нормам СНиП 42-01 в зависимости от условий прокладки газопровода и степени автоматизации сва-

рочной техники.

К выполнению работ по ультразвуковому контролю допускаются специалисты, имеющие сертификат установленной формы на право проведения контроля не ниже второго уровня квалификации по акустическим методам контроля, а также удостоверение о дополнительном обучении по контролю сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов.

С помощью ультразвукового контроля должны выявляться внутренние дефекты типа несплавлений, трещин, отдельных или цепочек (скоплений) пор, включений.

Дефекты сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов по результатам ультразвукового контроля относят к одному из следующих видов:

- одиночные (поры, механические включения, примеси);
- протяженные (несплавления, трещины, удлиненные поры и включения, цепочки или скопления пор, включений).

Оценка качества сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов производится по следующим признакам:

- максимально допустимой площади дефекта (амплитудный критерий);
- по условной протяженности дефекта (амплитудно-временной критерий);
- по количеству допустимых дефектов на периметре стыка.

В случае определения разных значений условной протяженности дефекта при контроле сварного шва с двух его сторон оценка качества производится по большему из них.

*Испытаниям на сплющивание* подвергают соединения, полученные сваркой при помощи деталей муфтового типа (муфт, переходов, отводов, тройников, заглушек и т.п.) с закладными нагревателями.

Испытания проводят на образцах-сегментах путем сжатия труб у торца соединения до величины, равной двойной толщине стенки.

Стойкость сварного шва к сплющиванию характеризуется процентом отрыва, который является отношением длины сварного шва, не подвергнувшейся отрыву, к полной длине сварного шва в пределах одной трубы. Результаты испытаний считают положительными, если на всех испытанных образцах отрыв не наблюдался или если отношение длины шва, не подвергнутой отрыву, к общей измеренной длине

шва составляет не менее 40 %.

*Испытаниям на отрыв* подвергают сварные соединения труб и седловых отводов с закладными нагревателями.

Сварное соединение подвергается испытанию целиком и продолжается до полного отделения седлового отвода от трубы.

В результате испытания соединения излом в месте сварки седлового отвода с трубой должен иметь полностью или частично пластичный характер разрушения по замкнутому периметру сварного шва. Хрупкое разрушение не допускается. В процессе проведения испытаний фиксируется также разрушающая нагрузка.

### 6.1.2 Специальные методы контроля

*Испытаниям на статический изгиб* подвергаются соединения, выполненные сваркой нагретым инструментом встык.

Испытания проводят на образцах-полосках с расположенным по центру сварным швом.

При испытании на статический изгиб определяется угол изгиба образца, при котором появляются первые признаки разрушения. Результаты испытания считаются положительными, если испытываемые образцы выдерживают без разрушения и появления трещин изгиб на угол не менее 160°.

*Испытаниям при постоянном внутреннем давлении* подвергаются сварные соединения, выполненные как сваркой нагретым инструментом встык, так и сваркой при помощи деталей с закладными нагревателями.

Испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50838 и методикой ГОСТ 24157.

При испытании определяется стойкость при постоянном внутреннем давлении в течение заданного промежутка времени при нормальной и повышенной температурах и определенной величине начального напряжения в стенке трубы.

Результаты испытаний считаются положительными, если все испытываемые образцы не разрушились до истечения контрольного времени испытания или разрушился один из образцов, но при повторных испытаниях ни один из образцов не разрушился.

*Испытание сварных соединений на длительное растяжение* прово-

дится для определения длительной несущей способности сварных соединений, выполненных сваркой нагретым инструментом встык.

Одновременно с испытанием оцениваемых образцов сварных швов при тех же условиях испытывают образцы других сварных соединений, сваренных при оптимальных параметрах сварки (базовые стыки). Образцы оцениваемых сварных соединений и базовые стыки должны быть изготовлены из одной марки материала и одной партии труб.

Испытания проводят до появления трещин не менее чем у 50 % испытываемых образцов. Результаты испытания сравниваются по среднему значению времени до появления трещин.

По мере проведения испытаний образцы должны подвергаться периодическому внешнему осмотру с целью выявления хрупкого излома и трещин в зоне шва. Изломы в области зажимов не учитываются.

Результаты испытания считаются положительными, если образцы оцениваемых сварных соединений имеют среднее значение времени до появления трещин не ниже значений, полученных для базовых стыковых соединений.

*Испытаниям на стойкость к удару* подвергаются соединения, выполненные при помощи крановых седловых отводов.

Испытания проводят на образцах в виде патрубков с расположенным посередине седловым отводом.

При испытании на стойкость к удару определяется способность образца выдержать внутреннее пневматическое давление ( $0,6 \pm 0,05$ ) МПа в течение 24 ч после нанесения по нему двух ударов падающим грузом массой ( $5,0 \pm 0,05$ ) кг.

Результаты испытания считаются положительными, если оцениваемые образцы выдерживают испытание при отсутствии видимых разрушений и разгерметизации.

### 6.1.3 Методика проведения контроля качества сварных соединений

*Внешний вид и размеры сварных соединений.* Внешний вид сварных соединений определяют визуально без применения увеличительных приборов путем сравнения оцениваемого соединения с кон-

трольным образцом, а также путем измерения наружного сварочного грата с точностью  $\pm 0,1$  мм.

Измерения швов проводят как минимум в двух противоположных зонах по периметру шва.

Контроль ширины и высоты наружного грата осуществляют штангенциркулем по ГОСТ 166. Допускается использование шаблонов с проходным и непроходным размерами.

Для контроля симметричности валиков наружного грата по ширине производят замер их с помощью измерительной лупы ЛИ-3х. Затем рассчитывают отношение замеренных размеров с округлением до целого значения процента. Расчет симметричности валиков наружного грата по высоте производят аналогично.

Для измерения смещения кромок может использоваться специальный шаблон. Схема измерения смещения кромок показана на рисунке 6.1. Шаблон устанавливают по образующей одной из труб, прижимая его к трубе в околошовной зоне. Из-за смещения кромок при этом на другом конце опорной площадки шаблона наблюдается его подъем над поверхностью трубы. С помощью щупа производят замер зазора между поверхностью заготовки и пяткой шаблона. Далее рассчитывают отношение (в процентах) измеренного абсолютного значения смещения кромок к номинальной толщине стенки трубы. Расчет производят с округлением до целого значения процента.

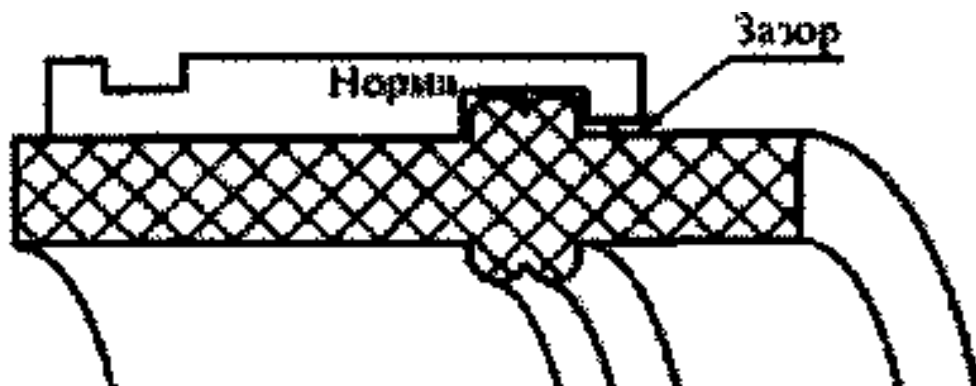


Рисунок 6.1 – Измерение смещения кромок при помощи шаблона

*Испытания сварных соединений на осевое растяжение.* Испытания выполняют на образцах-лопатках типа 2 по ГОСТ 11262.

Образцы-лопатки изготавливают механической обработкой из



отрезков сварных соединений длиной не менее 160 мм. Допускается для труб с номинальной толщиной до 10 мм включительно вырубать образцы штампом-просечкой.

Из каждого контролируемого стыка вырезают (вырубают) равномерно по периметру шва не менее пяти образцов.

При изготовлении ось образца должна быть параллельна оси трубы. Толщина образца должна быть равна толщине стенки трубы. Сварной шов должен быть расположен посередине образца с точностью  $\pm 1$  мм. Образцы не должны иметь раковин, трещин и других дефектов. Схема изготовления образцов-лопаток для испытания на осевое растяжение приведена на рисунке 6.2.

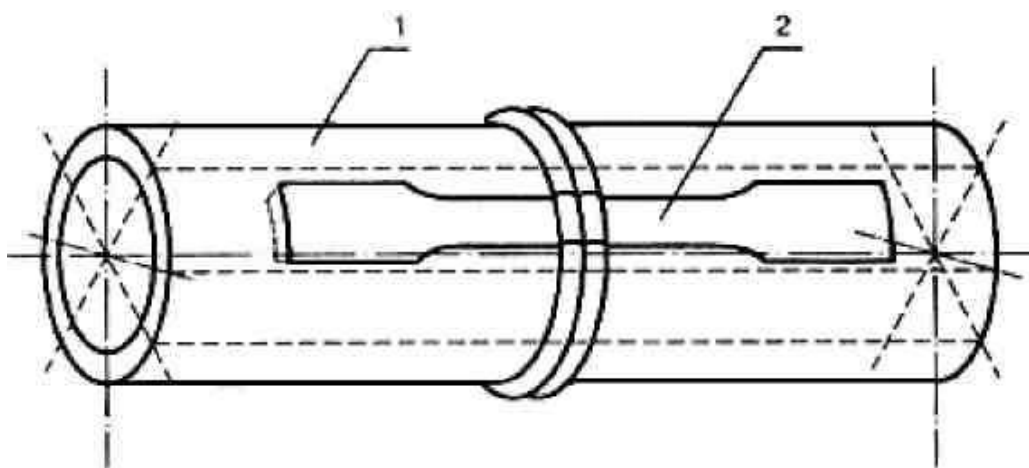


Рисунок 6.2 – Схема вырезки образцов из сварного соединения для испытания на осевое растяжение: 1 – патрубок со сварным соединением; 2 – расположение образцов

Перед испытанием образцы кондиционируют по ГОСТ 12423 при температуре  $(23 \pm 2)$  °С не менее 2 ч.

Испытания проводят при скорости раздвижения зажимов испытательной машины, равной  $(100 \pm 10)$  мм/мин для образцов труб с номинальной толщиной стенки менее 6 мм и  $(25 \pm 2,0)$  мм/мин для образцов труб с номинальной толщиной стенки 6 мм и более.

Испытание на растяжение производится на любой разрывной машине, обеспечивающей точность измерения нагрузки с погрешностью не более 1% измеряемого значения, мощность которой позволяет разорвать образцы (усилие от 5000 до 10000 Н) и которая имеет регулируемую скорость.

При испытании определяют характер (тип) разрушения образца, а также относительное удлинение при разрыве и предел текучести при растяжении. Испытание на растяжение производят не ранее чем через 24 ч после сварки.

*Испытания стыковых соединений на статический изгиб.* Испытания на статический изгиб выполняют на образцах-полосках, размеры которых приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Размеры образцов для испытаний на статический изгиб

Размер образца			Длина пролета между роликовыми опорами	Толщина тпавелсы
Толщина	Ширина	Длина		
$3 < h < 5$	20	150	80	4
$5 < h < 10$	20	200	90	8
$10 < h < 15$	30	200	100	12,5
$15 < h < 20$	40	250	120	16
$20 < h < 30$	50	300	160	25

Образцы-полоски вырезают (вырубают) из контрольных стыков равномерно по периметру в количестве не менее 5 штук.

Испытания выполняют по схеме, представленной на рисунке 6.3.

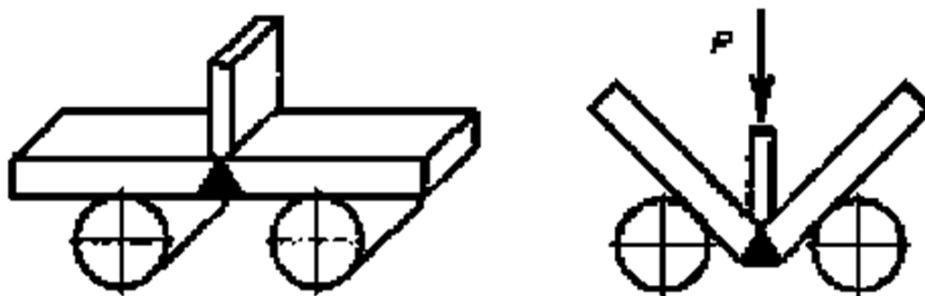


Рисунок 6.3 – Схема испытания на статический изгиб

Нагрузка передается на образец через траверсу, устанавливаемую на середине образца напротив сварного шва. Местное утолщение грата образца со стороны опорной траверсы снимается.

Испытательные образцы устанавливаются таким образом, чтобы внутренняя сторона трубы находилась в зоне растяжения.

Скорость приложения нагрузки должна составлять 50 мм/мин. Испытания продолжаются до достижения угла изгиба 160°.

## 6.2 Цель работы

Изучить методики проведения контроля качества соединений при сварке полимерных материалов. Выявить влияние основных параметров режима (температура, давление, время) на качество соединения при сварке нагретым инструментом.

## 6.3 Оборудование, инструменты и материалы

6.3.1 Машина ROWELD P 160 SANILINE.

6.3.2 Разрывная машина РТ-250М.

6.3.3 Цифровой фотоаппарат.

6.3.4 Двухсторонняя круговая диаграмма.

6.3.5 Ножовка.

6.3.6 Шаблон размеров образцов для проведения испытаний.

6.3.7 Штангенциркуль.

6.3.8 Напильник.

4.3.8 Шабер.

4.3.9 Труба из полимерного материала диаметром 50÷75 мм.

## 6.4 Методика выполнения работы

6.4.1 Проверить и убедиться в работоспособности всех узлов машины, обеспечивающих фиксацию труб и перемещение подвижного стола, торцовочное устройство и его ножи.

6.4.2 По круговой диаграмме определить требуемые параметры режима сварки для заданного сечения и материала трубы.

6.4.3 Установить свариваемые трубы в зажимах машины на подвижном и неподвижном столах так, чтобы торцы труб выступали на 50 мм от внутренних боковых поверхностей основных зажимов.

6.4.4 Проверить центровку труб, чтобы смещение соединенных торцов по наружному диаметру не превышало 10 % от толщины стенки.

6.4.5 Произвести торцевание так, чтобы зазор между обработанными торцами труб, приведенных в соприкосновение, не превышал требуемого значения.

6.4.6 Установив между трубами нагреватель, выполнить процесс сварки по циклограмме, указанной на рисунке 4.2, в, в соответствии с выбранными параметрами режима.

6.4.7 По истечении необходимого времени выдержки под давлением снять давление, освободить зажимы и снять трубу.

6.4.8 Фотографировать вид стыкового сварного шва с двух сторон.

6.4.9 На новых трубах выполнить пункты 6.4.3÷6.4.8, но, по указанию преподавателя, изменив значения параметров режима, используемых при сварке первой трубы.

6.4.10 Провести визуально-измерительный контроль полученных сварных соединений.

6.4.11 Разметить сварные образцы по шаблону и вырезать их ножовкой, после чего обработать напильником и шабером.

6.4.12 Замерить размеры сечения сварного обработанного образца с точностью до 0,1 мм.

6.4.13 Испытать подготовленные образцы на разрывной машине РТ-250М. Данные внести в таблицу, форма которой показана на рисунке 6.4.

№ пп.	Материал заготовок	Размеры заготовок до сварки				Режим сварки				Разрывное усилие, Н	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительная прочность	Характер разрушения	Форма и размер графа	Примечание
		Толщина, см	Средний диаметр, см	Площадь, см <sup>2</sup>		T, °C	Разогрев, сек	Давление, МПа							

Рисунок 6.4 – Форма таблицы результатов измерений

6.4.14 По полученным результатам построить зависимость предела прочности при растяжении в функции от исследуемого параметра (температура, время, давление).

## 6.5 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- характеристики материала свариваемой трубы;
- геометрические параметры сечения трубы;
- циклограмму процесса и таблицу со значениями выбранных по круговой диаграмме параметров режима;
- фотографии каждого сваренного стыка (с 2-х сторон);
- внешний вид с размерами сварных образцов.
- таблицу и график результатов испытаний образцов на прочность;
- выводы по работе.

## 6.6 Контрольные вопросы

6.6.1 Что обозначает SDR?

6.6.2 Назовите обязательные методы контроля сварных соединений?

6.6.3 Назовите специальные виды контроля?

6.6.4 Назовите критерии оценки качества групп дефектов?

6.6.5 Дайте определение дефекта сварного соединения?

6.6.6 Какие дефекты бывают в сварном шве?

6.6.7 Основная причина образования пор?

6.6.8 Основная причина образования трещин?

6.6.9 Основные причины образования несплавления?

6.6.10 Основная причина образования непровара?

6.6.11 Основные причины образования швов неправильной формы?

6.6.12 На какие две основные группы делятся методы контроля по воздействию на материалы?

6.6.13 Чем выявляют дефекты формы шва и его размеры?

## Список использованной литературы

1 Оботуров В.И. Сварка трубопроводов из полимерных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Оботуров, М.Н. Попова; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. – Электрон, дан. и прогр. (4,5 Мбайт). – Москва: МГСУ, 2014. – Учебное электронное издание комбинированного распространения: 1 электрон, опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7); дисковод CD-ROM, 512 Мб ОЗУ; разрешение экрана не ниже 1024×768; ПО Adobe Air, ПО IPRbooks Reader, мышь; ЭБС IPRbooks. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/> — Загл. с титул. экрана.

2 Справочник строителя. Сварка и резка в промышленном строительстве. В 2 т. Т. 1 / Б.Д. Малышев, А.И. Акулов, Е.К. Алексеев и др. под ред. Б.Д. Малышева. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 590 с.

3 Катаев Р.Ф.. Сварка пластмасс [Электронный ресурс]: учебное пособие: [предназначено для студентов специальности 150202 - Оборудование и технология сварочного производства] / науч. ред. проф., д-р техн. наук М. П. Шалимов ; Уральск, гос. техн. ун-т - УПИ (Екатеринбург). - Электрон, текстовые дан. (5956 КБ). - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. -138 с.

4 Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластических масс. М.: Химия. 1987. 168 с.

5 Справочник Сварка полимеров и склеивание металлов. – М.: Центр промышленного маркетинга, 2004. – 403с. – (Информационный бюллетень «Промышленный маркетинг». Приложение № 3). ISBN5-902612-01-2.

6 Технические свойства полимерных материалов [Текст] : учебно-справочное пособие / под ред. В.К.Крыжановского. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб: Профессия, 2005. – 248с. ISBN5-93913-093-3.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Характеристика основных полимерных материалов, применяемых для производства труб и соединительных деталей

Показатели	Значения показателей для труб				
	ПНД	ПВД	ПП	ПВХ	фторо-пласта
Плотность, г/см	0,95 - 0,96	0,92-0,93	0,91	1,4	2,12 -2,28
Предел текучести. МПа	20-25	10-12	26-30	50-55	25
Удлинение при разрыве, % (не менее)	400	600	350	20	250
Модуль упругости. МПа (не менее)	800	200	1200	2600	500
Теплостойкость, °С	65	30	100	83	-
Коэффициент линейного расширения, °С <sup>-1</sup> ·10 <sup>-4</sup>	2	2	1,5	0,7	0,8
Показатель длительной прочности труб (не менее), МПа	5	2,5	5	10	-

Таблица А2 – Номенклатура труб из полиэтилена низкого давления

Номинальный наружный диаметр, мм		32	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225
Толщина стенки, мм	Тип «С» (Кл.4)	-	-	-	4,3	5,1	6,3	7,1	8,0	9,1	10,2	11,4	12,8
	Тип «Т» (Кл.5)	3	4,6	5,8	6,9	8,2	10,0	11,4	12,8	14,6	16,6	18,2	20,5

Таблица А.3 – Технологические параметры контактной стыковой сварки оплавлением труб диаметром 100 ÷ 500 мм

Материал труб	Толщина стенки, мм	Давление, МПа		Время оплавления, с	Температура нагревателя, °С	Технологическая пауза, с	Время охлаждения стыка, мин, при температуре окружающей среды, °С			
		при оплавлении	при осадке				-20	0	+20	+40
ПНД (полиэтилен низкого давления)	2-6	0,02-0,03	0,12-0,13	45±15	240±10	2	3	4	4	5
	7-10	0,04-0,05	0,14-0,16	90±25		3	5	6	8	10
	11-15	0,06	0,18-0,2	120±25		5	8	10	11	12
	16-25	0,06	0,15-0,2	250±25		5	-	-	-	-
ПВД (полиэтилен высокого давления)	2-6	0,2-0,03	0,12-0,13	35±15	220±10	2	3	4	4	5
	7-12	0,04-0,05	0,14-0,17	60±15		3	5	6	8	10
	14-18	0,05	0,15	120±15		3	5	6	8	10
ПП (полипропилен)	2,5-5	0,03	0,12	45	240±10		3	4	4	5
	2- 8,5	0,04	0,14	55			5	6	9	10
Винипласт	7-10	0,06	0,4-0,5	40-30	240-260	2	Не		10	12
Фторопласт-4	2-10	0,08	0,5-0,8	60-90	340-380	Без паузы	рекомендуется		Охлаждение под давлением до 300 °С (90 - 120 с)	
	10-20	0,09	1,5-1,8	90-100	90-100					

Таблица А.4 – Основные технологические параметры раструбной сварки полиэтиленовых труб

Параметры сварки	Величина параметров
Температура нагретого инструмента, °С	260±10
Время оплавления (нагрева) при толщине стенки, с:	
До 3 мм	3-8
3-4 мм	6-12
4-5 мм	10-15
5-8 мм	15-20
Свыше 8 мм	20-30
Технологическая пауза, с	Не более 3
Продолжительность выдержки соединения до затвердевания расплавленного материала, с	20-30



Таблица А.5 – Характеристика установок для сварки труб ИК-излучением

Показатель	Числовые значения	
	Диаметр свариваемых труб, мм	До 100
Температура излучателя, °С	700-1100	700-110
Скорость осадки, м/с	0.015-0,03	01
Усиление осадки, даН	80	1680
Габарит, мм	760×518×444	960×800×1300
Масса, кг	22	76

Таблица А.6 – Режимы сварки нагретым газом

Термопласт	Расход газа, л/с	Температура газа на выходе из сопла, °С
Винипласт	0,66	200-270
Ударопрочный ПВХ	0,5-0,6	250-280
Полиэтилен:		
низкого давления	1,1	250-320
высокого давления	1,3	220-270
Полипропилен	0,58	250-300
Полибутен	0,5	450-480
Полиамид-12	0,3	230-400
Ударопрочный полистирол	0,65	210-290
Полиметилметакрилат	0,65	220-380

Таблица А.7 – Операционная технологическая карта контактной стыковой сварки оплавлением полиэтиленовых труб

Объект строительства	Тип трубопровода		Тип прокладки		Рабочее давление, МПа	Диаметр и толщина стенки, мм	
Газопровод	Магистральный		Подземная		0,6	110×10	
Характеристика труб							
Стандарт или технические условия на трубы					Материал труб		Тип труб
ГОСТ 18599-83*					ПНД		Т
Характеристика материала							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел текучести, МПа	Удлинение, %	Модуль упругости, МПа	Теплостойкость, °С	Коэффициент линейного расширения, оС·10 <sup>-4</sup>	Длительная прочность, МПа	
0,95-0,96	20-25	400	800	65	2	5	
Конструктивные элементы сварных соединений и труб							
Стыкуемые элементы			Тип сварного соединения				
Труба + труба			Стыковое				
Режимы сварки							
Давление, МПа		Время оплавления, с	Температура нагревателя, °С	Технологическая пауза, с	Температура охлаждения, °С	Время охлаждения, мин	
при плавлении	при осадке						
0,02-0,03	0,12-0,13	45±15	240±10	2	-20	4	
Перечень и последовательность операций сборки и сварки							
Операции	Содержание операции				Оборудование и инструмент		
Очистка труб	Очищают полость от грунта, снега, льда, камней и других посторонних предметов				Сухой или увлажненной тканью из растительных волокон		
Сборка	Включает установку, соосную центровку, закрепление свариваемых концов				Производится в зажимах центратора сварочной машины		
Сварка	Нагревание (оплавление) свариваемых поверхностей до вязкотекучего состояния				Сварочная машина УСКП-6		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Методы испытаний, обязательные при проведении контроля качества сварных соединений полимерных труб

Метод испытаний	Способ сварки
Внешний осмотр	Нагретым инструментом встык. Детальями с ЗН
Испытание на осевое растяжение	Нагретым инструментом встык
Ультразвуковой контроль	Нагретым инструментом встык Т
Пневматические испытания	Нагретым инструментом встык. Детальями с ЗН
Испытание на сплющивание	Детальями с ЗН
Испытание на отрыв	Детальями с ЗН (только для седловых отводов)

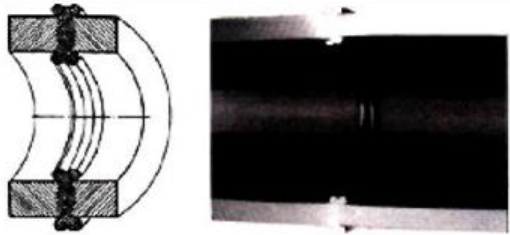
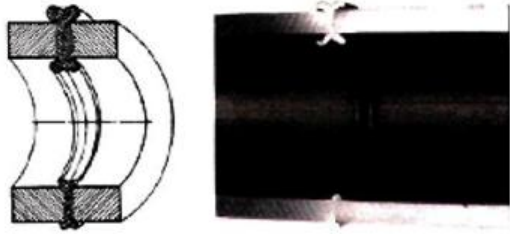
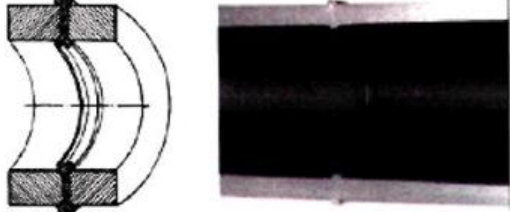
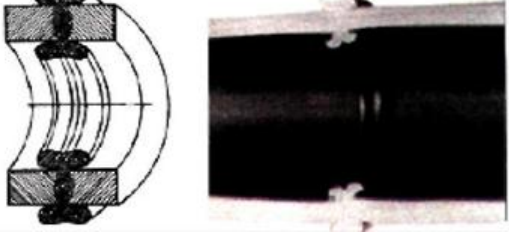
Таблица Б.2 Размеры наружного грата

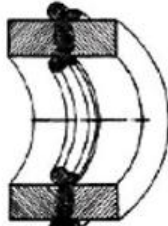

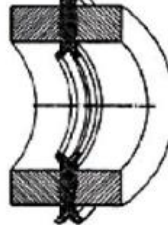

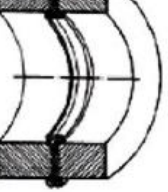

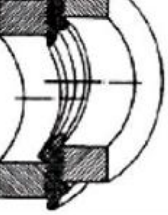


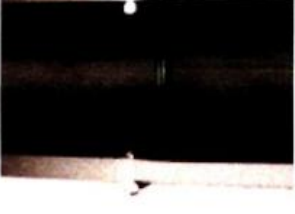
Параметры Наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 11 63×5,8	SDR 11 75×6,8	SDR 17,6 90×5,2	SDR 11 90×8,2	SDR 17,6 110×6,3	SDR 11 110×10
Высота h, мм	1,5-3,0	2,0-3,5	1,5-3,0	2,5-4,5	2,0-3,5	2,5-4,5
Ширина b, мм	4,0-6,0	5,0-7,0	4,0-6,0	6,0-8,5	4,5-6,5	6,5-10,0
Параметры наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 17,6 125×7,1	SDR 11 125×11,4	SDR 17,6 140×8,0	SDR 11 140×12,7	SDR 17,6 160×9,1	SDR 11 160×14,6
Высота h, мм	2,0-4,0	3,0-5,0	2,5-4,5	3,0-5,0	2,5-4,5	3,0-5,0
Ширина b, мм	5,5-7,5	8,5-12,0	6,0-8,5	9,0-13,0	6,0-9,5	10,0-15,0
Условное обозначение труб	SDR 17,6	SDR 11	SDR 17,6	SDR 11	SDR 17,6	SDR 11
Параметры наружного грата	180×10,2	180×16,4	200×11,4	200×18,2	225×12,8	225×20,5
Высота h, мм	2,5-4,5	3,5-5,5	3,0-5,0	4,0-6,0	3,0-5,0	4,5-6,5
Ширина b, мм	6,5-10,5	11,0-16,0	8,5-12,0	13,0-18,0	9,0-13,0	14,0-21,0
Параметры наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 17,6 250×14,2	SDR 11 250×22,7	SDR 17,6 280×15,9	SDR 11 280×25,4	SDR 17,6 315×17,9	SDR 11 315×28,6
Высота h, мм	3,0-5,0	4,5-7,5	3,5-5,5	5,0-8,0	4,0-6,0	5,5-9,0
Ширина b, мм	9,5-14,5	16,5-23,5	11,0-16,5	17,0-26,0	13,0-18,0	19,0-28,0

Таблица Б.3 – Специальные методы испытаний, рекомендуемые к проведению при оценке качества сварных соединений

Метод испытаний	Способ сварки
Испытание на статический изгиб	Нагретым инструментом встык
Испытание при постоянном внутреннем давлении	Нагретым инструментом встык. Деталью с ЗН
Испытание на длительное растяжение	Нагретым инструментом встык
Испытания на стойкость к удару	Деталью с ЗН (только для седловых отводов)

Таблица Б.4 – Оценка внешнего вида сварных стыков соединений

Оценка внешнего вида сварных стыков соединений			Графическое изображение и внешний вид соединения
Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки	
1. Хороший шов с гладкими и симметричными валиками грата округлой формы	Размеры наружного грата и внешний вид шва соответствуют требованиям 8.11 настоящего свода правил	Соблюдение всех технологических параметров сварки в пределах нормы	
2. Брак. Шов с несимметричными валиками грата одинаковой высоты в одной плоскости, но различной в противоположных точках шва	Различие по высоте более 50% в противоположных точках шва	Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой	
3. Брак. Малый грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине меньше верхних предельных значений, приведенных в таблице 23 настоящего свода правил	Недостаточное давление при осадке шва или малое время прогрева	
4. Брак. Большой грат округлой формы	Величина наружного грата по высоте и ширине больше верхних предельных значений, приведенных в таблице 23 настоящего свода правил	Чрезмерное время прогрева или повышенная температура нагревателя	

5. Брак. Несимметричный грат по всей окружности шва	Различие по высоте и ширине валиков грата по всей окружности шва превышает 40%	Различный материал свариваемых труб или деталей (ПЭ 63 с ПЭ 80) или различная толщина стенки труб ПЭ 80 с ПЭ		
6. Брак. Высокий и узкий грат, как правило, не касающийся краями трубы	Высота валиков грата больше или равна его ширине	Чрезмерное давление при осадке стыка при пониженной температуре нагревателя		
7. Брак. Малый грат с глубокой впадиной между валиками	Устье впадины расположено ниже наружной и выше внутренней образующих труб	Низкая температура нагревателя при недостаточном времени прогрева		
8. Брак. Неравномерность (асимметричность) валиков грата	Различие по высоте валиков грата в одной плоскости более 40% с одновременным смещением образующих труб более 10% толщины стенки	Смещение труб относительно друг друга		
9. Брак. Неравномерное распределение грата по периметру шва	Высота грата в месте неравномерного выхода больше его ширины, впадина между валиками грата нечетко выражена или отсутствует. В противоположной точке шва грат имеет размеры, меньшие на 50% и более	Смещение нагревателя в процессе прогрева		
10. Брак. Шов с многочисленными наружными раковинами по всему периметру с концентрацией по краям грата с возможными следами поперечного растрескивания	Многочисленные раковины, расположенные вплотную друг к другу	Чрезмерная температура нагревателя, значение которой выше температуры деструкции данной марки полиэтилена	