

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет имени А.Н.Туполева – КАИ»

**В.К. МАКСИМОВ, А.В. ЧЕРНОГЛАЗОВА
Ю.И. СУДАРЕВ, Ф.Н. КУРТАЕВА, А.В. ГОРБУНОВ**

СВАРКА ТРУБ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Казань 2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет имени А.Н.Туполева – КАИ»

**В.К. МАКСИМОВ, А.В. ЧЕРНОГЛАЗОВА
Ю.И.СУДАРЕВ, Ф.Н.КУРТАЕВА, А.В. ГОРБУНОВ**

**СВАРКА ТРУБ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Под редакцией проф.Э.Р. Галимова

по дисциплине

«СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СОЕДИНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ»

*Рекомендовано к печати Учебно-методическим центром
КГТУ им. А.Н.Туполева*

Казань 2013

УДК 678. 029.4 : 66. 084

В.К. Максимов, А.В. Черноглазова, Ю.И. Сударев, Ф.Н.Куртаева, А.В. Горбунов:
Сварка труб из полимерных материалов (Учебное пособие) Казань: Изд-во
Казан. гос. техн. ун-та, 2013. 156 с.

ISBN

Представлен состав и свойства пластмасс, формообразование деталей из пластмасс, дается оценка свариваемости пластических масс, рассматриваются способы сварки пластмасс. Приводится описание способов сварки нагретым инструментом, соединительными деталями с закладными нагревателями, раструбная диффузионная сварка. Даны основные технологические параметры процессов сварки; дается описание установок. Рассматриваются методы контроля качества сварных соединений, приведены методики проведения неразрушающих и разрушающих методов контроля.

Предназначено для бакалавров направления 150700 Машиностроение.

Табл.32. Ил.22. Библиогр.:13 назв.

Рецензенты:

Р.Я. Дебердеев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов» КНИТУ

С.Г. Уварова директор «Центр Д и С - сварка»

ISBN

© Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013.

В.К. Максимов, А.В. Черноглазова, Ю.И. Сударев,
Ф.Н. Куртаева, А.В. Горбунов, 2013.

Введение

Промышленное производство и применение пластмассовых труб началось в начале 50-х годов XX века. Пластмассовые трубы быстро потеснили рынок стальных труб, так как они весили в 3-8 раз меньше, легко соединялись и, главное, не ржавели. В последующие годы объемы их производства непрерывно росли и к 1985 году стали сравнимы с объемом выпуска стальных труб. Эти трубы нашли широкое применение, в первую очередь, при строительстве и капитальном ремонте систем холодного и горячего водоснабжения, отопления жилых и общественных зданий, для строительства газораспределительных сетей. В отечественной практике для строительства подземных трубопроводов пластмассовые трубы начали использоваться в 60-е годы. Сейчас в Российской Федерации наблюдается активное расширение использования термопластичных композитных материалов. С экономической точки зрения применение пластмассовых труб для сооружения трубопроводов обладает неоспоримыми преимуществами: затраты на транспортировку в 2 раза меньше, чем на транспортировку стальных, масса полимерных труб более чем в 8 раз меньше массы металлических труб, стоимость выполнения строительно-монтажных работ даже при использовании традиционных открытых методов прокладки трубопроводов сокращается в 2-2,5 раза, так как не требуется дополнительных работ по защите от коррозии, большая эластичность полимерных труб позволяет легко вписывать их в поворот трассы, значительное сокращение сроков строительно-монтажных работ относительно стальных трубопроводов, отсутствие необходимости в дорогостоящих программах подготовки персонала, так как технология сварки и монтажа полимерных труб значительно проще.

В настоящее время отечественные заводы освоили выпуск различных видов неметаллических труб.

1. Теоретическая часть

1.1. Общая характеристика полимерных материалов

Среди большого разнообразия неметаллических материалов практическое значение в современной технике, в том числе в машиностроении, занимают пластические массы. Отличительными особенностями полимерных материалов являются низкая плотность, химическая стойкость, хорошие тепло - и электроизоляционные свойства. Кроме того, технология получения изделий из полимерных материалов отличается сравнительной простотой и в большинстве случаев сводится к пластической деформации исходных композиций или расплавов и закреплению полученной формы с последующей специальной обработкой путем отверждения, вулканизации или охлаждения. Подобные технологии с высоким коэффициентом использования материала выгодно отличаются от получения изделий из металлических материалов с использованием трудоемких, сравнительно низкопроизводительных и связанных со значительными потерями технологических процессов.

На свойства полимерных материалов существенное влияние оказывают их структуры – аморфная или кристаллическая. Природа полимерных материалов и связанные с ними условия их получения и переработки во многом определяют технико – экономические показатели и возможности их практического применения.

1.2. Классификация, строение и способы получения полимеров

Полимерами называются соединения, состоящие из большого числа чередующихся одинаковых или различных атомных группировок, соединенных между собой химическими связями.

По происхождению полимеры подразделяются на: *природные*, выделенные из природных материалов; *искусственные*, полученные химическим превращением природных полимеров; *синтетические*, полученные синтезом из низкомолекулярных соединений или модификацией других синтетических полимеров.

Природные полимеры подразделяются на: *органические* (натуральный каучук, целлюлоза и др.) и *неорганические* (графит, слюда, кварц и др.).

В большинстве случаев природные полимеры модифицируют химическим способом, т.е. получают искусственные полимеры. На этом принципе основаны хлопчатобумажная, шерстяная, льняная, меховая, кожевенная, целлюлозно-бумажная и другие отрасли промышленности. Метод расщепления природных полимеров на низкомолекулярные продукты лежит в основе крахмалопаточного производства, получения гидролизного спирта и т.п.

По химическому составу и строению полимеры подразделяются на: *органические, элементоорганические* и *неорганические*.

Органические полимеры составляют основу пластических масс, армированных пластиков, резин и т.п.

Элементоорганические полимеры представляют собой соединения, главные цепи которых построены из атомов углерода и гетероатомов (кроме атомов кислорода, азота и серы); соединения с неорганическими цепями, если они содержат боковые группы с атомами углерода, присоединенными к основной цепи; соединения, основная цепь которых состоит из атомов углерода, а в боковые группы входят гетероатомы (кроме атомов кислорода, азота, серы и галогенов), непосредственно соединенные с углеродными атомами основной цепи. Наибольшее распространение получили: полисилоксаны, полититаноксаны, полиалюмоксаны и др.

Неорганические полимеры являются основой керамики, стекол, ситаллов, слюдяных, асбестовых, углеграфитовых и других материалов, для большинства которых характерны преимущественно гетероцепные пространственно-сетчатые, слоистые и другие типы сложных структур с различными видами связей.

К неорганическим полимерам относятся, например, полисиланы, полигерманы, главные цепи которых построены соответственно из атомов кремния и германия.

Органические полимеры в зависимости от происхождения, химического состава и строения, способов получения и проведения синтеза, формы

макромолекул, структуры и назначения подразделяются на: природные (животного и растительного происхождения), синтетические и искусственные; гомоцепные и гетероцепные, линейные, разветвленные, поперечно-сшитые и сетчатые; кристаллические и аморфные; полимеризационные, поликонденсационные, сополимеризационные и химически модифицированные; получаемые в массе, растворе, суспензионной и эмульсионной полимеризацией; термопластичные и терморезистивные; конструкционные, электроизоляционные, теплостойкие, оптические и другие.

Синтетические полимеры получают из низкомолекулярных веществ (мономеров) по реакциям полимеризации, поликонденсации, сополимеризации, а также путем химических превращений природных и других синтетических полимеров.

Полимеризация – процесс последовательного соединения одинаковых мономеров, не сопровождающийся выделением побочных продуктов и протекающий без изменения элементарного химического состава. Полимеризацией получают полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и др.

Поликонденсация – процесс соединения мономеров различного строения, сопровождающийся выделением низкомолекулярных веществ. Поликонденсацией получают фенолоальдегидные и другие полимеры.

Сополимеризация – полимеризация двух или большего числа мономеров различного строения. Сополимеризацией получают сополимеры этилена с пропиленом и др.

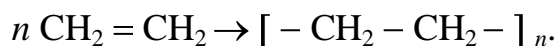
Химические превращения включают разнообразные реакции, в результате которых происходит изменение химического строения или степени полимеризации макромолекул. Например, химическим превращением целлюлозы получают эфиры целлюлозы (нитраты, ацетаты и др.).

В зависимости от состава атомов в основной (главной) цепи макромолекулы синтетические полимеры подразделяются на: *гомоцепные* и *гетероцепные*.

Гомоцепные полимеры, макромолекулярная цепь которых состоит из атомов углерода, называются карбоцепными (полиэтилен и др.).

В гетероцепных органических полимерах главные цепи состоят из чередующихся в определенной последовательности атомов углерода, кислорода, азота, серы и др. (полиамиды и др.).

Множественно повторяющиеся группировки называются *мономерными звеньями*, а большая молекула, составленная из звеньев, – *макромолекулой* или *полимерной цепью*. Число звеньев в цепи – *степень полимеризации*, обозначается буквой "n". Величина степени полимеризации может меняться от нескольких единиц для олигомеров до сотен тысяч и более для высокомолекулярных соединений. Название полимера образуется из названия мономера и приставки "поли". Например, продукт полимеризации этилена называется полиэтиленом:



этилен

ПОЛИЭТИЛЕН

Формулы таких полимеров записываются без учета концевых групп, так как их роль в высокомолекулярных соединениях невелика.

Полимеры, состоящие из одинаковых мономерных звеньев, называются *гомополимерами*, а из звеньев нескольких типов – *сополимерами*.

Переход от низкомолекулярного соединения к высокомолекулярному происходит в результате последовательного присоединения мономерных звеньев и при достижении определенной молекулярной массы соединение становится полимером.

Провести четкую границу между низко - и высокомолекулярными соединениями трудно, так как качественные измерения для различных классов соединений наблюдаются при различной величине молекулярной массы. Например, китайский танин (производное сахаров) с молекулярной массой около одной тысячи является низкомолекулярным соединением, а полиэтилен с такой же молекулярной массой обладает уже свойствами высокомолекулярного соединения.

Промежуточное положение между низко- и высокомолекулярными соединениями занимают *олигомеры* (от греч. *oligos* – *немного*), которые

проявляют свойства, характерные как для мономеров, так и для полимеров. Молекулярная масса олигомеров может достигать 6000 и более. Для олигомеров роль концевых групп более существенна и они указываются при написании формул. Реакционноспособные олигомеры образуют высокомолекулярные соединения пространственно-сетчатой структуры в результате реакции отверждения при нагревании и (или) введении отвердителей.

Макромолекулы *линейных* полимеров представляют собой длинные цепи с высокой степенью асимметрии, а разветвленных полимеров – цепи с боковыми ответвлениями, причем число и размер ответвлений могут быть различными (наличие радикалов в элементарных звеньях не считается разветвлением).

Сетчатые полимеры построены из макромолекулярных цепей, соединенных друг с другом поперечными химическими связями. Макромолекулярные цепи могут быть расположены в плоскости или пространстве. В последнем случае они называются пространственными (кварц, алмаз и многие синтетические полимеры после отверждения или вулканизации). Сетчатые полимеры, имеющие плоскостное двумерное строение (например, графит), называются *пластинчатыми*.

Линейные и разветвленные полимеры построены из макромолекул, связанных между собой межмолекулярными силами, энергия которых значительно меньше энергии химических связей и поэтому они могут быть переведены в раствор или в расплав при нагревании. В сетчатых полимерах макромолекулярные цепи связаны между собой химическими связями, поэтому они не могут быть переведены в раствор или расплав. Для таких полимеров понятие «молекула» становится условным.

Синтетические полимеры подразделяются на: *термопластичные* и *термореактивные*.

Термопластичные полимеры при нагревании обратимо переходят из твердого состояния в пластичное (вязкотекучее) состояние.

Термореактивные полимеры в результате реакции отверждения необратимо переходят в твердое, нерастворимое и неплавкое состояние с образованием пространственно-сетчатой структуры.

По сравнению с низкомолекулярными соединениями, полимеры обладают рядом особенностей. Они могут находиться только в конденсированном твердом или жидком состоянии; растворы полимеров имеют высокую вязкость и при удалении растворителя они выделяются не в виде кристаллов, как низкомолекулярные соединения, а в виде пленок; полимеры можно переводить в ориентированное состояние; для многих полимеров характерны большие обратимые деформации и т.п.

Полимеры выпускаются в виде различных товарных форм: кусков, гранул, рулонов, брикетов, порошков, латексов и суспензий. При выборе товарной формы необходимо учитывать удобства транспортировки, хранения и дозировки, возможность равномерного распределения в композиции и обеспечения требуемых технологических свойств с целью получения изделий высокого качества.

1.3. Фазовые состояния и надмолекулярная структура полимеров

В аморфных полимерах выделяются области ближнего порядка в расположении отдельных звеньев, размеры которых гораздо меньше контурной длины цепи. В строении самой макромолекулы заложена определенная периодичность, которая задается повторением ее химических звеньев, но в аморфном полимере эта периодичность маскируется многочисленными относительно хаотическими изгибами цепей, соответствующими существованию широкого набора конформеров.

В кристаллическом состоянии полимеры, как и низкомолекулярные кристаллические вещества, содержат области дальнего характера, характеризуется сравнительно невысокой степенью упорядоченности в расположении макромолекул (ближний порядок).

Таким образом, макромолекулы в полимерах расположены не хаотично, а имеют упорядоченное расположение, т.е. возникает Полимеры могут находиться в двух фазовых состояниях: кристаллическом и аморфном (жидком).

Кристаллическое фазовое состояние характеризуется высокой степенью упорядоченности в расположении макромолекул (дальний порядок).

Аморфное фазовое состояние определенная надмолекулярная структура.

Надмолекулярная структура полимеров. Под этим термином понимают способ упаковки макромолекул в пространственно выделяемых элементах, размеры и форму таких элементов и их взаимное расположение в пространстве.

Под молекулярной упаковкой в полимерах понимают способ укладки макромолекул и их звеньев в пространстве, обусловленный их формой и взаимодействием.

порядка, характеризующиеся трехмерной периодичностью и, следовательно, достаточно совершенной молекулярной упаковкой. Размер этих областей (*кристаллитов*) обычно также меньше контурной длины макромолекулы: одна и та же молекулярная цепь может проходить через несколько кристаллических областей. Эти кристаллические области в десятки, часто сотни, а иногда и тысячи раз превышают размеры звена полимерной цепи. Конформационный набор макромолекул внутри кристаллических областей резко ограничен по сравнению с конформационным набором в аморфном состоянии. При кристаллизации всегда реализуются конформации, характеризующиеся периодичностью в направлении оси макромолекулы.

Упаковку звеньев макромолекул в кристалле полимера можно представить в виде кристаллической решетки, образованной совокупностью идентичных точек в пространстве.

Отличительной особенностью полимерных кристаллов является то, что длина макромолекулы существенно превосходит размеры элементарных ячеек. Поэтому одна и та же макромолекула проходит через большое число элементарных ячеек.

Надмолекулярная структура кристаллических полимеров.

Кристаллизация полимеров может происходить по различным механизмам: сферолитному, пластинчатому, фибриллярному и т.п. Однако из огромного разнообразия форм структуры (полиморфизма) кристаллических полимеров наиболее распространенным элементом крупных структур является *сферолит*, который состоит из лучей, образованных чередованием кристаллических и аморфных участков (рис.1.1.). Единичные сферолиты могут агрегироваться в ленты и пластины.

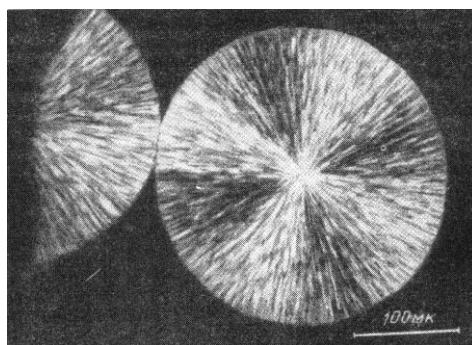


Рис. 1.1. Сферолитная структура

В обычных условиях полной кристаллизации не происходит и структура в реальных полимерах двухфазная: наряду с кристаллической фазой имеется и аморфная, т.е. полимеры кристаллоаморфны. Степень кристалличности определяется как отношение объема кристаллической фазы к объему всего полимера и выражается в процентах. Кристалличность придает полимеру повышенную теплостойкость, жесткость и прочность. Через надмолекулярную структуру передаются механические и физические свойства полимеров. Богатое разнообразие процессов кристаллизации приводит к разнообразию механических свойств одного и того же полимера при различных режимах кристаллизации и поэтому для получения высококачественных изделий из кристаллических полимеров необходимо уметь регулировать процессы развития различных кристаллических форм структуры.

Надмолекулярная структура аморфных полимеров

Существует несколько моделей надмолекулярной структуры аморфных полимеров: глобулярная, пачечная, доменная, кластерная и другие. Среди них наибольшее предпочтение отдается *глобулярной* модели. Согласно этой модели структура таких полимеров состоит из большого числа различных по размерам частиц сферической формы (клубков), называемых *глобулами*, которые связаны проходными цепями.

Глобулярная структура (рис.1.2.) формируется при условии достаточной гибкости макромолекул полимера, причем взаимное расположение отдельных участков надмолекулярной цепи внутри глобулы обычно беспорядочное.

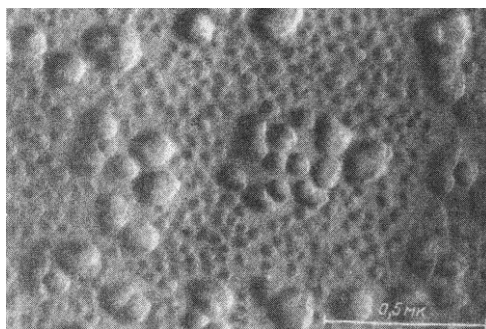


Рис. 1.2. Глобулярная структура

В состав глобул могут входить несколько тысяч макромолекул. Глобулярное строение характерно, например, для отвержденных фенолоформальдегидных и эпоксидных смол, поливинилхлорида и многих других полимеров. Размеры глобул зависят от гибкости цепи макромолекул и могут меняться в широких пределах – от сотых долей микрона до нескольких десятков микрон.

Если же макромолекулы достаточно жесткие, то образуются линейные агрегаты – *пачки* цепей, состоящие из многих рядов макромолекул, расположенных последовательно друг за другом. Типичная особенность пачек – длина значительно превосходит длину отдельных цепей. В пачку входят десятки и сотни отдельных макромолекул, которые утрачивают при этом свою индивидуальность. Пачки могут агрегироваться в более крупные образования –

фибриллы, что типично для полимеров с очень жесткими цепями и сильным межмолекулярным взаимодействием.

В зависимости от условий проведения полимеризации термодинамически могут быть выгодны те или иные конформации и поэтому из одного и того же мономера можно получить полимер с глобулярной и фибриллярной структурой.

В соответствии с *доменной* теорией строения аморфных полимеров домены представляют собой многократно сложенные и параллельно расположенные участки одной или нескольких макромолекул, а между доменами находятся междоменные аморфные области, заполненные петлями и концами макромолекулярных цепей. Домены могут играть роль зародышей кристаллизации и являются переходным типом структуры от аморфного к кристаллическому. Строение междоменных областей менее упорядочено, чем доменных. Предполагается, что некоторые макромолекулы входят в состав нескольких доменных, т.е. являются проходными.

Кластерная модель предполагает наличие областей с более или менее плотной упорядоченной упаковкой макромолекул по сравнению с основной разупорядоченной и менее плотной частью полимера. Характер расположения цепей в кластерах определяется химическим строением, молекулярной массой, степенью разветвленности макромолекул и др. факторами. Например, если подвижность цепи достаточно велика для образования складчатой цепи, то кластер характеризуется складчатой морфологией; если же подвижность цепи ограничена, то вероятной конформацией внутри кластера будет конформация вытянутой цепи.

1.4. Физические состояния полимеров

Физические состояния полимеров проявляются при оценке их термомеханических свойств путем изменения деформации при последовательно изменяющейся температуре в условиях постоянного нагружения.

Термомеханические кривые аморфных линейных полимеров. Для аморфных линейных полимеров высокой молекулярной массы термомеханическая кривая имеет три участка, соответствующих трем физическим состояниям. Действующая нагрузка должна быть заданной и малой по величине, чтобы механические воздействия на полимер не приводили к изменению его структуры.

Каждому из релаксационных физических состояний полимера соответствует определенный преимущественный тип деформаций (рис.1.3).

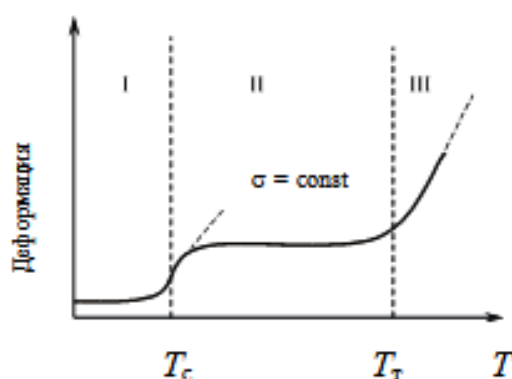


Рис. 1.3. Термомеханическая кривая аморфных полимеров

Участок I соответствует *стеклообразному* состоянию, для которого характерны малые деформации и полимер ведет себя как обычное твердое тело с высоким модулем упругости. Деформация полимеров в стеклообразном состоянии связана с проявлением упругости и обуславливается смещением атомов в макромолекулах, приводящих к изменениям межатомных расстояний и углов между направлениями валентных связей.

Участок II соответствует *высокоэластическому* состоянию с большими обратимыми деформациями, которые превосходят упругую составляющую в тысячи раз и характеризуются модулем высокоэластичности. Большие обратимые высокоэластические деформации, связанные с движением участков цепей макромолекул, свойственны только полимерам и обусловлены наличием больших гибких цепных молекул.

Участок III соответствует *вязкотекучему* состоянию, для которого характерна пластическая деформация (течение), связанная с взаимным перемещением макромолекул под действием температуры и приложенной нагрузки.

Взаимные переходы аморфных полимеров из одного физического состояния в другое не являются фазовыми превращениями, так как на температуры переходов T_c и T_T оказывают существенное влияние такие факторы, как скорость механического воздействия, скорость нагревания и т.д. Эти переходы в отличие от фазовых превращений происходят постепенно и непрерывно в некотором интервале температур.

Термомеханические кривые кристаллических полимеров

Термомеханические кривые таких полимеров зависят от соотношения температуры плавления кристаллов и температуры текучести такого же полимера в аморфном состоянии. В случае, когда $T_{пл} > T_T$ (кривая 1), результатом плавления является образование вязкотекучей жидкости, тогда как при $T_{пл} < T_T$ (кривая 2) расплавом оказывается высокоэластическое тело (рис. 5.4).

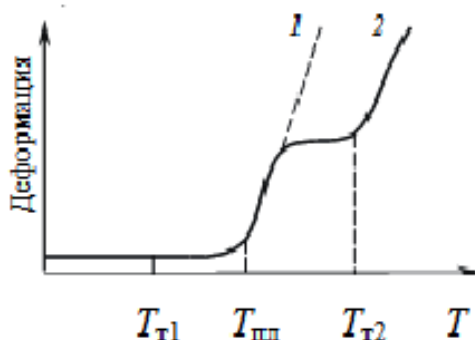


Рис. 1.4. Термомеханическая кривая кристаллических полимеров

Термомеханические кривые аморфно-кристаллических полимеров занимают промежуточное положение между рассмотренными предельными кривыми для аморфных и кристаллических полимеров. Кривая имеет некоторый подъем при температуре стеклования. Дальнейший ход кривой зависит от соотношения температуры текучести аморфной фазы и температуры плавления кристаллической фазы. При условии $T_{пл} > T_T$ наличие кристаллической фазы

должно задерживать течение образца при T_T и пластические деформации проявляются лишь при температуре $T_{пл}$ (кривая 1), а когда $T_{пл} < T_T$, будет получена ступенчатая кривая 2 (рис.1.5).

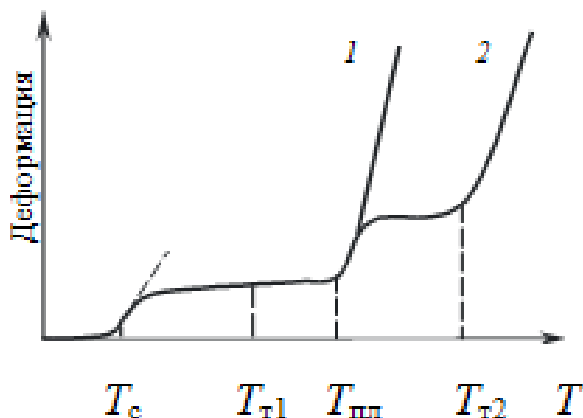


Рис. 1.5. Термомеханическая кривая аморфно - кристаллических полимеров

Термомеханические кривые сетчатых полимеров

Для структурирующихся полимеров характер термомеханической кривой зависит от того, в какой области температур реакции отверждения протекают с заметными скоростями. Если отверждение происходит интенсивно при температуре T_{o1} выше T_T , то полимер переходит в вязкотекучее состояние, но по мере образования поперечных химических связей деформация течения уменьшается (рис.1.6, кривая 1).

При достаточном числе этих связей течение становится невозможным и полимер из вязкотекучего состояния переходит последовательно в высокоэластическое и стеклообразное состояние. Если в полимере поперечные связи образуются при температуре T_{o2} ниже T_T , то перейти в вязкотекучее состояние он не может и увеличение температуры приводит к уменьшению высокоэластической деформации и полимер переходит в стеклообразное состояние (рис.1.6, кривая 2).

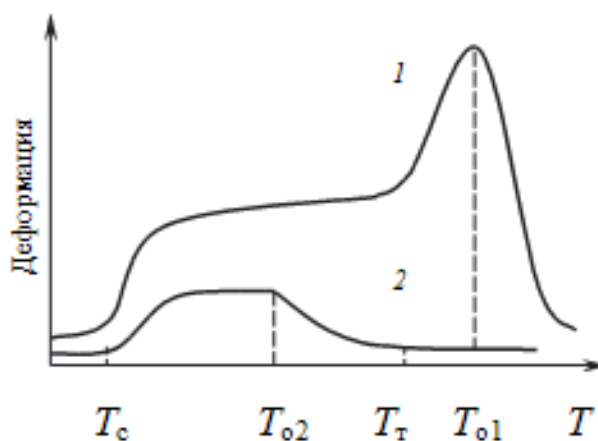


Рис. 1.6. Термомеханические кривые сетчатых полимеров

Таким образом, сшитый полимер может находиться только в двух физических состояниях – высокоэластическом и стеклообразном. Температурные переходы из одного физического состояния в другое являются важными характеристиками полимеров и имеют большое практическое значение для оценки их технологических и эксплуатационных свойств.

1.5. Основные способы модификации полимерных материалов

Для целенаправленного регулирования строения, структуры и свойств полимеров и материалов на их основе используют различные способы модификации: *физическую, химическую и физико-химическую.*

Технико-экономическая эффективность использования того или иного способа модификации во многом определяется различными факторами: природой, числом, дисперсностью и соотношением модифицирующих добавок, методами их введения и режимами подготовки композиций, степенью и характером изменения надмолекулярной структуры и т.п.

Физическая модификация основана на направленном изменении физических свойств полимеров путем преобразования их надмолекулярной структуры при различных физических воздействиях без изменения химического строения макромолекул.

Физическая модификация проводится путем воздействия на полимер внешних факторов (механических, ультразвуковых, высокочастотных и т.п.); изменения температурно-временных режимов структурообразования полимера из расплава; изменения природы растворителя и режима его удаления при формировании покрытий, пленок и волокон; введением в полимерную матрицу небольших количеств добавок, оказывающих влияние на морфологию надмолекулярной структуры полимера.

Физическая модификация осуществляется также ориентацией полимерных материалов. Практическая возможность обеспечить максимальную степень ориентации линейных полимеров реализуется при переработке их в синтетические волокна. Достижимые при этом показатели прочности и модуля упругости, как правило, в 50 - 100 и в 10 - 40 раз превышают соответствующие характеристики литевых образцов из тех же полимеров.

Таким образом, физическая модификация полимерных материалов позволяет в значительных пределах изменять их свойства различными методами.

Химическая модификация полимеров обусловлена большим разнообразием химических составов и структур макромолекул и основана на возможности осуществления многих химических превращений. Наиболее широкое применение нашли: полимераналогичные превращения, внутри - и межмолекулярная циклизация линейных полимеров, блоксополимеризация, привитая сополимеризация, поперечное соединение линейных макромолекул (сшивание), варьирование молекулярной массы в процессе синтеза линейных макромолекул.

Полимераналогичные превращения при синтезе линейных полимеров основаны на полной или частичной замене функциональных групп, что дает возможность создавать новые полимеры.

Внутри - и межмолекулярная циклизация линейных полимеров находит широкое применение при изготовлении углеродных волокон, получаемых пиролизом полиакрилонитрильных волокон. Волокна предварительно нагревают в воздушной среде до 200 – 300°C, при этом происходит частичное окисление волокон, которые затем подвергают высокотемпературному нагреву и

осуществляют процессы карбонизации или графитизации. При карбонизации по мере повышения температуры происходит газификация с удалением всех атомов химического состава полимера, кроме атомов углерода. Последние образуют фрагменты полициклических ароматических молекул с плоской шестиугольной сотовой структурой. В процессе графитизации образующиеся фрагменты накапливаются, и формируется лестничная структура макромолекул.

Блоксополимеризация линейных полимеров проводится последовательным соединением нескольких линейных макромолекул (блоков) разного химического состава в одну линейную макромолекулу.

Привитая сополимеризация линейных полимеров заключается в присоединении к промежуточным звеньям макромолекул основного полимера макромолекул другого. Модификация линейных полимеров привитой сополимеризацией является особенно перспективным направлением в производстве волокон.

Поперечное соединение макромолекул линейных полимеров (сшивание) в технологии производства и переработки полимеров связано с преимуществами полимеров с сетчатой и пространственной структурой.

Варьирование молекулярной массой при синтезе линейных полимеров находит широкое применение на разных этапах создания композиционных материалов – от изменения свойств компонентов до разработки новых методов их совмещения и переработки в изделия.

Таким образом, для разработки и совершенствования материалов на основе линейных полимеров имеется значительный потенциал химических возможностей.

Физико-химическая модификация полимеров осуществляется путем введения в их состав различных целевых добавок в виде наполнителей, пластификаторов, стабилизаторов, антипиренов, красителей и т.п. Оптимальное соотношение модифицирующих добавок обеспечивает необходимые технологические, эксплуатационные и специальные свойства полимерных материалов как на основе термопластичных, так и терморезистивных полимеров.

1.6. Основные пластмассы для сварных конструкций

Эксплуатационные характеристики различных пластмасс сильно отличаются друг от друга. В основном это зависит от распада макромолекул полимера на более короткие фрагменты (деструкция полимера). Деструкция может происходить и при нарушении технологии сварки полимеров, например, при превышении температуры нагрева и времени ее воздействия. Чем выше температура транспортируемой среды и давление, под которым осуществляется ее транспортировка, тем меньше срок службы пластмассовых трубопроводов. Соответственно возникает возможность изменять уровни одних эксплуатационных характеристик за счет других.. В случае необходимости увеличения нагрузки на трубопровод при постоянстве времени и температуры его эксплуатации увеличивают толщину стенки трубы, уменьшая тем самым показатель экономической эффективности. Для каждого вида пластмасс существуют определенные границы по допустимому напряжению в стенке трубы, температуре эксплуатации и экономическим факторам, в пределах которых применение того или иного материала наиболее выгодно. К примеру, при использовании труб из полиэтилена (ПЭ 100 SDR 9) для транспортировки воды с температурой 90°C срок их службы составит не более шести месяцев, что не может считаться приемлемым показателем. Характеристики и условия применения основных полимерных материалов, используемых при строительстве трубопроводных систем, приведены ниже.

Полиэтилен (ПЭ, PE) - легко перерабатываемый материал, имеющий на 50-85 % кристаллическую структуру. Практически не набухает в растворителях, поэтому соединить его склеиванием или химической сваркой невозможно. ПЭ прекрасно соединяется тепловой сваркой; при относительно низкой температуре плавления (125-130 °C) имеет широкий интервал вязкотекучего состояния (около 150°C). Прочность при стыковой сварке не менее 0,95. Температура эксплуатации от минус 20°C до + 60°C. Из-за своей относительно малой стоимости наиболее широко распространен в трубопроводном транспорте. ПЭ обладает

исключительной пластичностью (удлинение до 1000 % и выше). Из ПЭ изготавливаются самые большие полимерные трубы диаметром до 3360 мм. Напорные трубопроводы из ПЭ наиболее эффективно использовать при температурах от – 20 до + 30 - 40°С. «Сшитый» различными способами ПЭ (СПЭ, РЕХ) можно применять для систем горячего водоснабжения и отопления.

Полипропилен (ПП, РР) - легко перерабатываемый и легко соединяемый тепловой сваркой материал, имеющий кристаллическую структуру, как и ПЭ, не склеивается. ПП высокопластичен (удлинение до 1000 %) и формоустойчив (до + 100°С). Температура плавления ПП составляет 160-170° С. Напорные трубопроводы из ПП наиболее эффективно работают при температурах от 0 до + 60-70 °С, а безнапорные выдерживают температуры до + 90 °С . Однако при температурах ниже 0°С трубы из ПП становятся хрупкими и при замерзании внутри них жидкости растрескиваются. Некоторые сополимеры пропилена позволяют улучшить морозостойкость труб (до минус 30°С), но при этом снижаются их прочностные характеристики. Улучшения свойств ПП можно добиться введением армирующих наполнителей и эластомеров, но при этом увеличивается стоимость изделий. В настоящее время наиболее широко используется РР-Р (рандом сополимер). Ввиду физиологической безвредности ПП хорошо зарекомендовал себя для трубопроводов холодного и горячего водоснабжения, водоотведения и других промышленных целей. Трубы из ПП хорошо свариваются плавлением. Коэффициент прочности стыков не ниже 0,9. Диаметр выпускаемых труб - до 1000 мм.

Полибутен (ПБ, РВ) - легко перерабатываемый и легко соединяемый тепловой сваркой материал, имеющий полукристаллическую структуру и по своим свойствам напоминающий ПЭ и ПП. Температура плавления составляет 130°С. ПБ отличается повышенной устойчивостью к растрескиванию под напряжением и низкой ползучестью при длительной нагрузке. Однако при пониженной температуре ПБ становится чувствительным к ударным воздействиям. Другой недостаток - очень высокая стоимость сырья. Напорные

трубопроводы из ПБ наиболее эффективно использовать при температурах от 0 до + 70-80 °С, в связи с чем трубы из ПБ диаметром до 40 мм нашли применение для сооружения систем отопления зданий.

Поливинилхлорид (ПВХ, PVC) - легко перерабатываемый аморфный материал с кристалличностью не более 10 %. ПВХ считается одним из универсальных пластиков, т.к. легко перерабатывается практически в любого рода изделия, хотя имеет ряд недостатков: малое относительное удлинение (до 80 %), чувствительность к ударным воздействиям. Напорные трубопроводы из винилпласта наиболее эффективно использовать при температурах от 0 до + 50-60° С. При температурах ниже 0 °С трубы становятся хрупкими и при замерзании в них жидкости растрескиваются. В настоящее время основное применение трубопроводов из ПВХ (диаметр труб до 500 мм) - это системы для холодного водоснабжения, технологических стоков и дренажа.

Поливинилиденхлорид (ПВДХ, PVDC) - сложно перерабатываемый кристаллический материал, требующий при переработке стабилизации состава и получивший из-за этого незначительное распространение. Материал достаточно пластичен (удлинение до 600 %) и формоустойчив (температура размягчения 100-110°С). Относится к средне свариваемым материалам, коэффициент прочности не превышает 0,8.

Из **полиамидных полимеров (ПА, РА)** в трубопроводном транспорте используется алифатический ПА 11. Это относительно дешевый, легко перерабатываемый полукристаллический (40-60 %) материал. По свойствам близок к ПЭ. Из-за узкого интервала температуры плавления и низкой вязкости расплава в вязкотекучем состоянии получить качественное соединение при тепловой сварке очень сложно, и соединение труб из ПА производят склеиванием или химической сваркой. Для большего сопротивления ползучести экструзию труб из ПА иногда сочетают с армированием. Технологические напорные

трубопроводы диаметром до 250 мм (иногда до 630 мм) используются при температурах транспортируемой среды до + 60°C.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ, PTFE), или фторопласт-4-кристаллический, исключительно химически и температуростойкий материал, не содержащий никаких добавок или модификаторов, однако очень сложно перерабатываемый. Трубы из ПТФЭ (диаметром до 400 мм) получают прессованием или формованием и используют в ряде случаев для теплообменников, транспортирования высокоагрессивных сред, медицинских и некоторых других целей. Напорные трубопроводы наиболее эффективно использовать при температурах от -50 до + 150-200°C. ПТФЭ очень плохо соединяется тепловой сваркой. Другой недостаток ПТФЭ - его высокая стоимость, вследствие чего трубы из него применяются лишь в исключительных случаях.

Полистирол (ПС) - относительно хрупкий материал, имеющий незначительное удлинение - до 10 %. Он хорошо перерабатывается литьем под давлением, обладает хорошими диэлектрическими и оптическими свойствами, но легко подвергается действию многих растворителей, характеризуется низкой атмосфере- и теплостойкостью. ПС применяют для изготовления кислотоупорных труб. Один из сополимеров стирола с акрилонитрилбутадиеном используется для изготовления АБС-пластиков. Трубы из АБС-пластиков, полученные экструзией, обладают высокой ударпрочностью и формоустойчивостью при повышенных температурах эксплуатации, хорошо соединяются склеиванием и химической сваркой. Основное применение труб из АБС-пластиков: небольшие технологические трубопроводы, например для подачи сжатого воздуха.

Стеклопластиковые трубы (СП) или трубы из композиционных материалов получают на основе армирования стекловолокном некоторых типов связующих, как правило, термореактивных полимеров. В качестве связующих используются эпоксидные, полиэфирные, кремнийорганические смолы и

некоторые другие полимеры. Область использования стеклопластиковых труб очень широка и зависит от свойств связующего полимера (например, полимеры на основе сложных виниловых эфиров отличаются термостойкостью до 120°C). Стеклопластиковые трубы обладают повышенной прочностью при растяжении (25-150 МПа), что позволяет им при относительно тонкой стенке выдерживать давление до 2,5 МПа (иногда до 8,0 МПа), но имеют чрезвычайно низкое относительное удлинение (не более 4 %). Трубы диаметром до 1000 мм широко применяются на нефтепромыслах (обсадные и насосно-компрессорные трубы, трубы для транспорта нефти, водогазонефтяных эмульсий, попутного газа), для систем водоснабжения, водоотведения и подачи воды при пожаротушении, транспортировке агрессивных сред, в качестве вентиляционных и дымовых труб. Напорные трубопроводы могут выдерживать температуры до + 100°C. Реактопласты используют также для футеровки труб, выполненных из других материалов с целью повышения их стойкости к агрессивным средам.

Отрицательным фактором при использовании труб из стеклопластиков является низкая производительность формовочных машин по сравнению с экструзионными линиями для термопластов. Соединение труб возможно производить только механическим способом или химической сваркой (склеиванием). Кроме того, стоимость большинства реактопластов (например, виниловых эфиров) достаточно высока.

Таблица 1

Механические и служебные свойства пластмасс

Наименование	ГОСТ, ТУ	Плотность, г/см ³	Показатель текучести расплава (ПТР), г/10 мин	Механические свойства			Теплофизические свойства			Электрические свойства	
				Предел прочности, МПа		Ударная вязкость методом Шарпи кДж/м ²	Твердость, НВ, МПа	Температура плавления, °С	Температура, °С	Диэлектрическая проницаемость при 20°С	Тангенс угла диэлектрических потерь при 20°С
				при растяжении	при изгибе						
Полиэтилен высокого давления	ГОСТ 16337—77Е	0,918...0,93	0,2...0,20 (при 190 °С)	10...17	12...17	500...600	14...25	108...115	0,296	2,2...2,3	0,0002...0,0003
Полиэтилен низкого давления	ГОСТ 16338—85	0,949...0,955	0,2...0,22	22...30	20...35	300...800	45...58	120...125	0,395	2,4	0,0002...0,0005
Полипропилен	ТУ 6-05-1756-78	0,9...0,91	0,2...0,25	25...40	—	200...800	60...65	160...170	0,295	2,2	0,0002...0,0005
Капрон	ГОСТ 7850—86	1,13	—	65	90	80...150	140...150	210...218	0,246	3,6...4	0,03
Полиамид-66	ТУ 6-05-211-1404-85	1,14	—	80	100	20...40	—	225...265	0,24	3,6...4	0,02
Поливинилхлорид (винипласт)	ГОСТ 9639—71	1,34...1,4	—	45...70	70...120	10...50	130...160	180...220	0,13...0,15	3,1...3,4	0,015...0,018
Пластикат ПВХ	ОСТ 6-19-503—79	1,18...1,3	—	10...15	4...20	160...200	—	—	0,13...0,14	3,1...3,4	—
Полистирол	ГОСТ 20282—86Е	1,05...1,07	—	40...42	100	2	140...160	—	—	2,7	0,0003...0,0004
Поликарбонат	ТУ 6-05-1668—80	1,2	—	60...70	90...100	50...100	100...110	220...240	—	—	—
Полиметил-метакрилат	ГОСТ 15809—70Е	1,206	—	60...70	99	2,6...3,3	1,8...1,6	—	—	—	—
Фторопласт-4(Ф-4)	ГОСТ 10007-80Е	2,12...2,28	—	14...34,5	10,7...13,7	250...500	29,4...39,2	327	0,25	1,9...2,1	0,0002...0,00025

1.7. Методы получения изделий из пластмасс

Переработка пластических масс – комплекс процессов, обеспечивающий получение изделий или полуфабрикатов из пластмасс с заданными свойствами на специальном оборудовании. Основными параметрами при изготовлении изделий из пластмасс являются: температура нагрева, давление и время выдержки.

Прессование - это формование изделий под давлением из материалов, нагретых до вязкотекучего состояния непосредственно в полости формирующего инструмента (прессформе) - между матрицей и пуансоном. Прессование осуществляется двумя основными способами - прямым (компрессионным) и литьевым (трансферным).

Прямое прессование - наиболее распространенный способ. При этом способе предварительно нагретый или ненагретый, таблетированный или порошкообразный материал загружают в прессформу, которая замыкается, и материал подвергается давлению и нагреву. Давление передается непосредственно на прессуемый материал вплоть до полного замыкания прессформы. В зависимости от природы и свойств перерабатываемого материала обычно возникает необходимость выпуска из формы паров и газов, выделяющихся из прессуемого материала в процессе реакции отверждения. Для этого в процессе прессования выполняют операцию подпрессовки, заключающуюся в переключении гидропресса после определенной выдержки на обратный ход, в подъеме пуансона на высоту, достаточную для выпуска газов (5-30 мм) и выдержке его в таком положении в течение 3-10 с. После этого прессформа снова замыкается. При прессовании крупных толстостенных деталей из материалов с повышенной влажностью подпрессовку проводят 2-3 раза.

Схема компрессионного прессования представлена на рис.1.7.а.

Прямым прессованием получают детали средней сложности и небольших габаритных размеров из терморезистивных материалов с порошкообразным и волокнистым наполнителем.

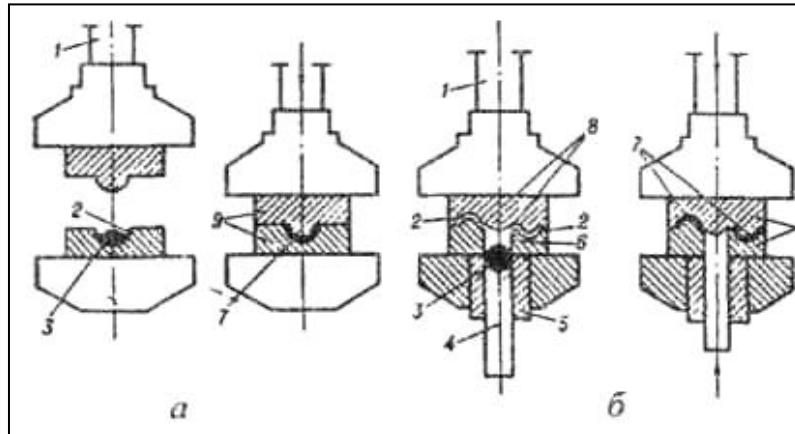


Рис.1.7. Схема формирования изделий из реактопластов (*а* - компрессионное прессование; *б* - литьевое прессование): 1 - верхний плунжер; 2 - оформляющие гнезда прессформы; 3 - перерабатываемый материал; 4 - поршень; 5 - трансферный цилиндр; 6 - загрузочное отверстие; 7 - изделие; 8 - литниковые каналы; 9 - пресс-форма

Недостатки компрессионного прессования - появление облоя (грата) по линии разъема пресс-формы, необходимость повышенных усилий прессования.

Литьевое прессование отличается от прямого тем, что прессуемый материал загружают не в полость пресс-формы, а в специальный обогреваемый трансферный цилиндр (рис.1.7.б). Размягченный материал впрыскивается материальным поршнем из трансферного цилиндра через литниковые каналы в замкнутую прессформу. После отверждения материала в оформляющей полости прессформы, ее разъединяют и извлекают готовые изделия.

Литьевое прессование рационально применять для изготовления деталей сложной конфигурации, с тонкими стенками, глубокими отверстиями, в том числе резьбовыми, к которым предъявляются повышенные требования по точности размеров.

При литьевом прессовании отпадает необходимость в подпрессовках, так как образующиеся газы могут выходить через зазоры между поршнем, цилиндром и полуформами. Недостатком литьевого прессования является повышенный расход материала, так как в загрузочной камере и литниковых каналах остается часть необратимого прессматериала. Поскольку при литьевом прессовании пластицированный материал впрыскивается в замкнутую прессформу, то по линии разъема формы отсутствует облой. Кроме того, прессформы для литьевого

прессования сложнее по конструкции и дороже прессформ для прямого прессования.

Литье под давлением. При формировании методом литья под давлением перерабатываемый материал нагревается до вязкотекучего состояния (пластицируется) в обогреваемом цилиндре, из которого впрыскивается под действием поршня или червяка в предварительно замкнутую литьевую форму, где материал затвердевает при изменении температуры, приобретая конфигурацию внутренней полости формы.

Литьевая машина состоит из устройства для дозирования материала, механизмов замыкания формы и инъекции, привода, пультов для управления машиной, а также для контроля и регулирования температуры.

Механизм замыкания формы поршневой литьевой машины (рис.1.8.) состоит из гидравлического цилиндра 1 и плунжера 2 для привода подвижной плиты 3 (при замыкании и размыкании литьевой формы 4), а также неподвижной плиты 5, с расположенным в ней соплом 6.

Инжекционный механизм состоит из рассекателя (торпеды) 7, расположенного в инжекционном обогреваемом цилиндре 8, бункера 9 с весовым или объемным дозатором для перерабатываемого материала и инжекционного поршня 10, который перемещается под действием плунжера 11, расположенного в гидравлическом цилиндре 12. Обогрев инжекционного цилиндра осуществляется электрическим обогревателем 13.

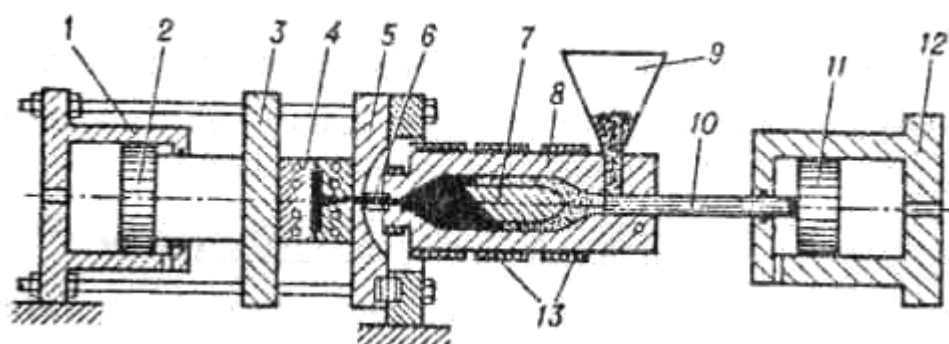


Рис.1.8. Литьевая машина поршневого типа

Перемещение инжекционного механизма для прижатия инжекционного сопла к литниковой втулке формы или отодвигания сопла осуществляется плунжером 11 гидравлического цилиндра 12.

При переработке термопластов цилиндр нагревают до 200-350°C, при

переработке реактопластов - до 80-120°C. В литьевой форме термопласты в зависимости от их природы и требований, предъявляемых к изделию, охлаждаются до 20-40°C (полистирол, полиэтилен) или до 80-120°C (поликарбонат, полиформальдегид), а реактопласты нагреваются до 160-200°C. В форме материал выдерживается под давлением для уплотнения, что значительно снижает последующую усадку при охлаждении изделия вне формы.

Значительная часть термопластичных полимеров перерабатывается в изделия методом *экструзии* с использованием экструзионных машин (червячных прессов) различных типов. При переработке гранулированных или порошкообразных термопластов экструдеры предназначены для непрерывной пластикации и гомогенизации полимера, получения однородного расплава, перемешивания его и выдавливания через формующие головки в виде спрофилированного изделия. С помощью экструдеров производится нанесение тонкослойных покрытий на бумагу, ткани, картон, нанесение изоляции на провода и кабели. Непрерывность и высокая производительность процесса экструзии создают возможность максимальной автоматизации.

Основные особенности экструзионной машины на примере одночервячного экструдера представлены на рис.1.9.

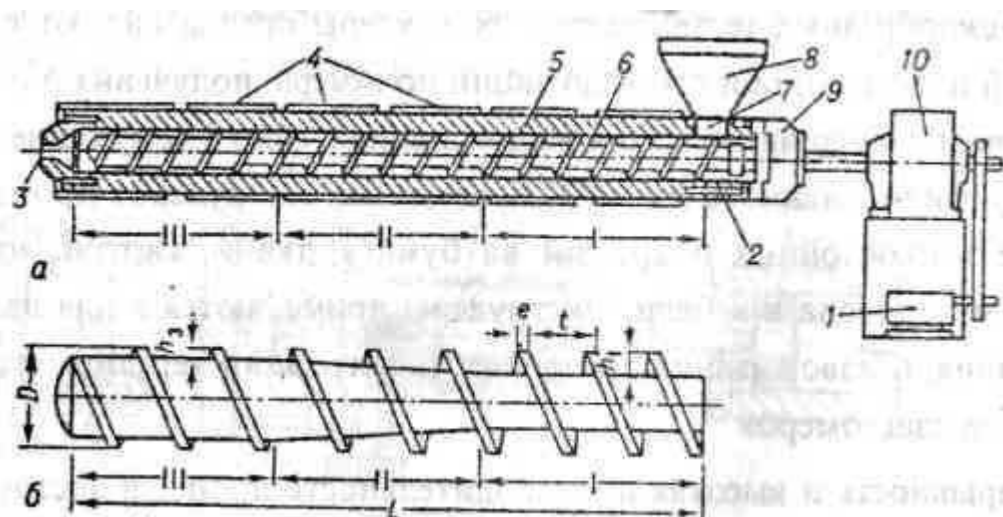


Рис.1.9. Одночервячный экструдер (а) и червяк (б):

I - двигатель, *2* - канал для охлаждения зоны бункера, *3* - канал для выхода расплава в профилирующую головку, *4* - нагреватели цилиндра, *5* - цилиндр, *6* - червяк, *7* - загрузочная камера, *8* - бункер *9* - упорный подшипник, *10* - редуктор; зоны червяка: *I* - питания, *II* - плавления, *III* - дозирования. *D* - диаметр, *L* - длина, *h₁*, *h₃* - глубина винтового канала, *e* - ширина гребня витка, *t* - шаг нарезки

Одной из наиболее важных характеристик прессы является отношение длины червяка к диаметру, которое равно отношению длины червяка от края загрузочного отверстия, на наружный диаметр червяка (L/D).

Соответственно характеру процессов, протекающих на каждом участке червяка, его можно разделить по длине на три основные зоны: I - питания, II - плавления, III - дозирования (рис.1.9.б).

Зона питания - участок, в котором материал находится в твердом состоянии. Зона плавления - участок, в котором почти полностью происходит плавление материала. Дозирующая зона - участок, в котором материал находится в вязкотекучем состоянии.

1.8. Оценка сваримости пластмасс

Основные стадии процесса сварки

Процесс сварки термопластов состоит в активации свариваемых поверхностей деталей, либо находящихся уже в контакте (сварка ТВЧ, СВЧ), либо приводимых в контакт после (сварка нагретым инструментом, газом, ИК-излучением и т.д.) или одновременно с активизацией (сварка трением, УЗ-сварка)

При плотном контакте активированных слоев реализуются силы межмолекулярного взаимодействия.

В процессе образования сварных соединений (при охлаждении) происходит формирование надмолекулярных структур в шве, а также развитие полей собственных напряжений и их релаксация. Эти конкурирующие процессы определяют конечные свойства сварного соединения. Технологическая задача сварки состоит в том, чтобы максимально приблизить по свойствам шов к исходному (основному) материалу.

1.8.1 Механизм образования сварных соединений .

Процесс сварки следует рассматривать как топохимическую реакцию, т. е. химическую реакцию протекающую на поверхности твердого тела. В основе

любой химической реакции лежит процесс разрыва связей в исходных веществах и возникновение новых связей, приводящих к образованию нового вещества. Таким образом, механизм образования соединения не должен меняться при переходе от одного способа сварки к другому и от одного материала к другому. Изменяется только совокупность явлений на контактных поверхностях, приводящая их в состояние взаимодействия. Эти явления могут быть различными и определяются природой материала и способом сварки.

Для топохимической реакции характерно ее протекание в три стадии:

- образование физического контакта;
- активация контактных поверхностей;
- объемное развитие взаимодействия.

Стадия образования физического контакта протекает обычно при приложении к свариваемым деталям давления. Следует отметить, что в некоторых случаях, когда в зону сварки поступает расплавленный присадочный материал, физический контакт между ним и свариваемыми материалами может осуществляться без приложения давления или при сравнительно небольшом давлении, что имеет место при сварке нагретым газом и экструзионной сварке.

Установление физического контакта между свариваемыми поверхностями может предшествовать нагреву, осуществляться после нагрева соединяемых поверхностей до температур сварки или одновременно с нагревом. В любом случае на этой стадии происходит пластическое деформирование макро- и микронеровностей, за счет чего происходит сближение контактирующих поверхностей. Работа деформации затрачивается также на удаление из контактной зоны инородных включений (газовых пузырей, масляных и жировых пятен и других загрязнений). Для мягких пластических масс и волокнистых материалов на этой стадии характерно уплотнение, проявляющееся в уменьшении толщины материала.

Активация свариваемых поверхностей включает в себя их нагрев для повышения энергии теплового движения макромолекул. Нагрев может осуществляться либо непосредственно за счет передачи тепла от нагретых инструмента, от газа или от присадочного материала к свариваемым деталям, либо за счет преобразования других видов энергии в тепловую. Это может быть

механическая энергия ультразвуковых колебаний или трения, энергия высокочастотного электрического поля конденсатора, а также электромагнитная энергия, энергия инфракрасного излучения, лазера и концентрированного светового луча .

При сварке с использованием преобразования различных видов энергии в тепловую активации поверхностей будут предшествовать процессы, связанные со спецификой данного вида сварки: смещение диполей при сварке токами высокой частоты; ввод и распространение ультразвуковых колебаний, а также концентрация и преобразование энергии механических колебаний в тепловую - при ультразвуковой сварке, поглощение лучистой энергии - при сварке инфракрасным излучением.

Объемное развитие взаимодействия сопровождается рядом сложных физико-химических процессов, среди которых наиболее существенными являются диффузии, течение и физико-химические превращения.

Теория сварки, в которой главенствующая роль на этом этапе отводится диффузии, названа диффузионной. Теория, в которой считается, что ответственными за свариваемость являются процессы течения, названа реологической - по названию науки реологии, изучающей закономерности течения. Согласно диффузионной теории, для получения соединения необходимо, чтобы при соприкосновении двух поверхностей вещества происходило достаточно полное их слияние (коалесценция). Полная коалесценция двух слоев жидкости происходит при непосредственном контакте их и сопровождается исчезновением границы раздела между ними. В случае соединения полимеров одного контакта для коалесценции не достаточно, так как должно еще произойти структурообразование в зоне контакта, которое может быть достигнуто за счет диффузии макромолекул в целом или отдельных сегментов.

Перемещение макромолекул целиком особенно легко может происходить в том случае, если контакт слоев полимера осуществляется при температуре выше температуры текучести. В этом случае в зоне контакта сравнительно легко возникает структура, характерная для полимера. Диффузия отдельных сегментов

макромолекулы может происходить и при температурах, соответствующих высокоэластическому состоянию полимера, при этом перемещение молекулы в целом затруднено. При таких температурах степень коалесценции меньше единицы (максимальная степень коалесценции равна единице и наблюдается только у жидкостей). Это объясняется тем, что после перемещения сегментов на определенную глубину диффузия прекращается из-за напряжений, возникающих в молекулярных цепях.

Доказательством диффузионного характера процесса сварки может служить то обстоятельство, что все меры, способствующие тепловому движению (повышение давления и температуры, введение пластификаторов и т.д.), вызывают увеличение прочности сварного соединения, и наоборот, факторы, замедляющие диффузию, снижают прочность.

Сторонники реологической теории считают, что если бы за образования была ответственна только диффузия, то время сварки составляло бы десятки минут. Однако на практике это время значительно меньше. Кроме того, следует учитывать, что процессу диффузии неизбежно препятствуют воздушные прослойки и загрязнения поверхностных слоев свариваемых материалов, поэтому время проникновения еще более увеличивается. Наконец, следует иметь в виду, что коэффициент диффузии не остается постоянным, а непрерывно снижается, так как по мере проникновения участков макромолекул через границу раздела непрерывно возрастает их торможение. Поэтому сторонники реологической теории предполагают, что проявлению сил межмолекулярного взаимодействия и диффузии в контактирующих объемах предшествует ряд явлений, связанных с течением и перемешиванием расплава.

Некоторые авторы [4,5] считают, что при контакте расплавленных поверхностей с напряжением, создаваемым усилием прижима (при ультразвуковой сварке и динамические напряжения), вызывают сдвиг слоев расплава. При таком сдвиге происходит удаление из зоны соединения воздушной прослойки и других инородных включений, а расплав выдавливается из зоны сварки, что говорит о получении качественного сварного соединения. Скорость сдвига в различных участках контактирующих поверхностей может

различаться из-за неравномерности распределения температур и напряжений. Все это может привести к перемешиванию расплава в контактирующих объемах, что особенно вероятно в случаях сварки с использованием высокочастотных механических (ультразвуковая сварка) или электрических (ТВЧ) колебаний.

Явление перемешивания вязкотекучего материала в зоне сварки было подтверждено экспериментально [4,5] при изучении процесса сварки пластмасс нагретым инструментом. По-видимому, для макрообъемов вязкотекучего материала при сварке характерен процесс перемешивания, а для микрообъемов - процесс диффузии.

Если сварка проводится в интервале температур высокоэластичности, преимущественным является диффузионный механизм. При этом необходим длительный контакт свариваемых поверхностей друг с другом, сварные швы сохраняют границу раздела, а материал в зоне соединения не отличается от исходного по надмолекулярной структуре. Такая сварка протекает при значительных давлениях, что обуславливает значительные остаточные напряжения в зоне шва после охлаждения соединения.

Если сварка проводится в интервале температур вязкотекучести (для аморфных полимеров) или в интервале температур плавления (для частично-кристаллических полимеров), процесс подобен сварке металлов. Под воздействием внешних сил происходит быстрая коалесценция расплава, сопровождающаяся перемешиванием слоев. При этом слои расплава, содержащие газовые и оксидные включения, удаляются из зоны сварки, что облегчает даль-нейшую взаимную диффузию участков молекулярных цепей и целых макромолекул в микрообъемах. В сварных швах таких соединений практически отсутствует граница раздела соединяемых поверхностей. Они не разрушаются по первоначальной плоскости контакта, а надмолекулярная структура может изменяться в зависимости от условий охлаждения расплава.

Вязкость расплава в свою очередь зависит от природы пластмассы (молекулярной массы, разветвленности макромолекул полимера) и температуры нагрева в интервале вязкотекучести. Следовательно, вязкость может служить

одним из признаков, определяющих свариваемость пластмассы: чем она меньше в интервале вязкотекучести, тем лучше свариваемость и, наоборот, чем больше вязкость, тем сложнее разрушить и удалить из зоны контакта ингредиенты, препятствующие взаимодействию макромолекул. Однако нагрев для каждого полимера ограничен определенной температурой деструкции T_d , выше которой происходит его разложение – деструкция. Термопласты различаются по граничным значениям температурного интервала вязкотекучести, т. е. между температурой их текучести T_T и температурой деструкции T_d (табл.2).

Таблица 2

Температурный интервал вязкотекучести некоторых термопластов

Материал	Температура текучести T_T °С	Температура деструкции T_d °С
Полиэтилен (ПНД)	130-135	230
Полипропилен (ПП)	175-180	250
Поливинилхлорид (ПВХ)	180-200	140
Пентапласт (ПТП)	190-195	170...180
Полистирол (ПС)	150-160	230...240
Полиметилметакрилат (ПММА)	175--180	220...230

Классификация термопластов по их свариваемости.

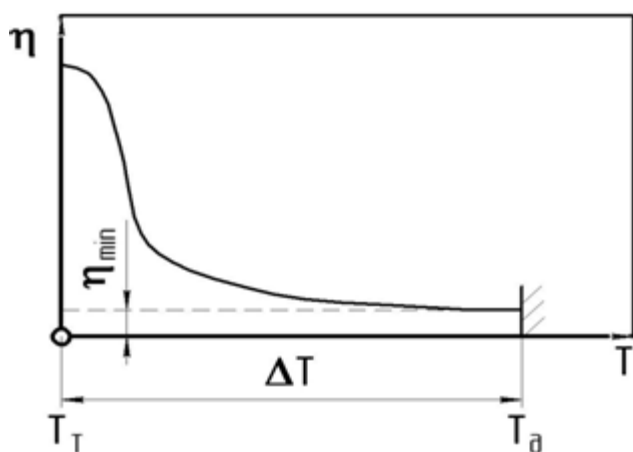


Рис.1.10 Параметры, характеризующие вязкость полимера в температурном интервале вязкотекучести: T_T – температура текучести, T_d - деструкции

В связи с тем, что сварка плавлением на заключительном этапе связана с течением расплава, свариваемость пластмасс оценивают по таким характеристикам, как энергия активации вязкого течения, температурный интервал вязкотекучего

состояния и вязкость расплава. В свете этих представлений становится очевидным, что чем меньше энергия

активации вязкого течения и вязкость расплава и чем больше температурный интервал вязкотекучести, тем более вероятно образование высококачественного

сварного соединения.

За количественные показатели свариваемости приняты: температурный интервал вязкотекучести ΔT , минимальное значение вязкости η_{\min} и градиент изменения вязкости в этом интервале [5].

По свариваемости все термопластичные пластмассы можно разбить по этим показателям на четыре группы (табл.3).

Таблица 3

Классификация пластмасс по свариваемости

Группа свариваемости	Температурный интервал ΔT ,	Вязкость η_{\min} , Па·с
Хорошо сваривающиеся	50	10^2 -- 10^3
Удовлетворительно сваривающиеся	50	10^4 -- 10^5
Ограниченно сваривающиеся	50	10^7 -- 10^8

По реологическим свойствам пластмассы могут быть разделены на три группы. К первой группе можно отнести неориентированные термопласты, у которых энергия активации вязкого течения значительно меньше энергии химической связи и не превышает 150 кДж/моль; температурный интервал вязкотекучего состояния ($T_T - T_d$) превышает 50 °С; вязкость расплава составляет 10^2 - 10^5 Па·с. Такие термопласты при нагреве переходят в вязкотекучее состояние без термодеструкции и пребывают в вязкотекучем состоянии в достаточно широком интервале температур. При этом вязкость расплава такова, что при незначительных усилиях может быть обеспечена быстрая и полная его коалесценция. Эти термопласты хорошо свариваются плавлением различными методами сварки в широком интервале режимов. Наиболее типичные представители этой группы термопластов - полиолефины .

Ко второй группе относятся ориентированные термопласты с указанными реологическими свойствами; неориентированные и ориентированные термопласты с высокой энергией активации вязкого течения (близкой к энергии химической связи); термопласты с узким интервалом между температурой

текучести и температурой деструкции (менее 50°C) и сравнительно высокой вязкостью расплавов.

Для термопластов с высокой энергией активации вязкого течения существует опасность деструкции при нагреве до вязкотекучего состояния; термопласты с узким температурным интервалом между T_t и T_p могут разлагаться при незначительном перегреве; в ориентированных термопластах при нагреве до вязкотекучего состояния неизбежно нарушается ориентированная структура, обеспечивающая прочность материала, а у термопластов с высокой вязкостью расплава трудно обеспечить полную коалесценцию и перемешивание расплава.

Такие термопласты могут свариваться плавлением только при некоторых обязательных условиях. Для ориентированных материалов и материалов с узким интервалом между T_t и T_d сварка плавлением не должна вызывать разориентацию и деструкцию материала, что возможно только при условии быстрого и локального нагрева до температуры текучести свариваемых поверхностей без проплавления материала по всей толщине.

Что касается термопластов с вязкостью выше 10^5 Па·с, то сварка их плавлением возможна только при условии снижения вязкости их расплава в процессе сварки. Следовательно, для обеспечения возможности сварки плавлением термопластов, принадлежащих к этой группе, необходимо в каждом конкретном случае изыскивать оптимальные способы и технологические приемы сварки. К этой группе относятся: поливинилхлорид, полиэтилентерифталат, поликарбонат, плавкие фторопласты и другие термопласты.

К третьей группе относятся термопласты, энергия активации вязкого течения которых превышает энергию химической связи, а также термопласты с вязкостью расплава 10^{11} - 10^{12} Па·с. Эти термопласты не могут быть переведены в вязкотекучее состояние, то есть не могут свариваться плавлением. К ним относятся, например, поливинилацетат, ацетат целлюлозы, фторопласт-4. Образование соединений таких термопластов возможно только по механизму диффузионной сварки с нагревом поверхностей до температур

высокоэластического состояния, с длительной выдержкой под давлением, равным пределу вынужденной эластичности свариваемых материалов, при максимально возможной температуре.

Ускорение диффузионной сварки может быть достигнуто применением растворителей, в которых данный термопласт способен набухать и растворяться. Растворители увеличивают подвижность макромолекул, поэтому температура сварки может быть снижена.

Сварка термопластичных пластмасс возможна, если материал переходит в состояние вязкого расплава, если его температурный интервал вязкотекучести достаточно широк, а градиент изменения вязкости в этом интервале минимальный, так как взаимодействие макромолекул в зоне контакта происходит по границе, обладающей одинаковой вязкостью.

В общем случае температура сварки назначается, исходя из анализа термомеханической кривой для свариваемой пластмассы, принимаем ее на 10 - 15° ниже T_d [1]. Давление принимается такое, чтобы эвакуировать расплав поверхностного слоя в грат либо разрушить его, исходя из конкретной глубины проплавления и теплофизических показателей свариваемого материала

Время выдержки определяется исходя из достижения квазистационарного состояния оплавления по формуле $t_{\text{на}} = t_o e^{\frac{Q}{RT}}$, где t_o – константа, имеющая размерность времени и зависящая от толщины соединяемого материала и способа нагрева; Q – энергия активации; R – газовая постоянная; T – температура сварки.

При экспериментальной оценке свариваемости пластмасс фундаментальным показателем является длительная прочность сварного соединения, работающего в конкретных условиях по сравнению с основным материалом.

Испытываются образцы, вырубленные из сварного соединения, на одноосное растяжение. При этом временной фактор моделируется температурой, т. е. используется принцип температурно-временной суперпозиции, основанный на допущении, что при данном напряжении связь между длительной

прочностью и температурой однозначна (метод Ларсона-Миллера).

1.8.2. Методы повышения свариваемости

Схемы механизма образования сварных соединений термопластов [2]. Повышение свариваемости термопластов может производиться за счет расширения температурного интервала вязкотекучести, интенсификации удаления ингредиентов или разрушения дефектных слоев в зоне контакта, препятствующих сближению и взаимодействию ювенильных макромолекул.

Возможно несколько путей:

- введение в зону контакта присадки в случае недостаточного количества расплава (при сварке армированных пленок), при сварке разнородных термопластов присадка по составу должна обладать сродством к обоим свариваемым материалам;

- введение в зону сварки растворителя или более пластифицированной присадки;

- принудительное перемешивание расплава в шве путем смещения соединяемых деталей не только вдоль линии осадки, но и возвратно-поступательно поперек шва на 1,5...2 мм или наложением ультразвуковых колебаний. Активизация в зоне контакта перемешивания расплава может производиться после оплавления стыкуемых кромок нагревательным инструментом, имеющим ребристую поверхность. Свойства сварного соединения могут быть улучшены последующей термической обработкой соединения. При этом снимаются не только остаточные напряжения, но возможно исправление структуры в шве и околошовной зоне, особенно у кристаллических полимеров. Многие из изложенных мероприятий приближают свойства сварных соединений к свойствам основного материала.

При сварке ориентированных пластмасс во избежание потери их прочности вследствие переориентации при нагреве до вязкотекучего состояния полимера применяют химическую сварку, т. е. процесс, при котором в зоне контакта реализуются радикальные (химические) связи между макромолекулами. Химическую сварку применяют и при соединении реактопластов, детали из которых не могут переходить при повторном нагреве

в вязкотекучее состояние, Для инициирования химических реакций в зону соединения при такой сварке вводят различные реагенты в зависимости от соединяемого вида пластмасс [1]. Процесс химической сварки, как правило, производится при нагреве места сварки.

1.9. Способы сварки пластмасс

1.9.1 Контактная тепловая сварка

Контактная тепловая сварка, при которой тепло поступает к свариваемым поверхностям за счет теплопроводности свариваемого материала от инструмента, прикладываемого к их внешней поверхности, называется - методом сварки проплавлением. Примером применения метода сварки проплавлением

является соединение пленок внахлестку на прессе (рис.1.11).

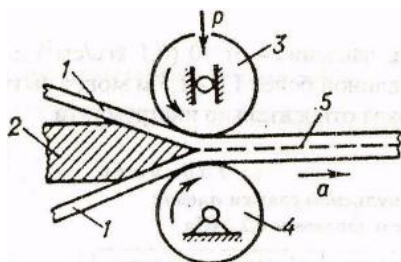


Рис.1.11. Схема непрерывной сварки пленок внахлест при нагреве инструментом соединяемых поверхностей:

1 - свариваемые пленки; 2- нагреватель; 5- прижимной ролик; 4- транспортирующий ролик; 5 - сварной шов; а - направление сварки; P- давление

По режиму нагрева деталей при сварке проплавлением различают сварку при длительном нагреве по заранее заданному термическому режиму и сварку термоимпульсную (рис.1.12), при которой нагрев свариваемых деталей осуществляется за счет кратковременного теплового импульса, а скорость охлаждения определяется теплоотводом в основание и подложку нагревателя и изделия.

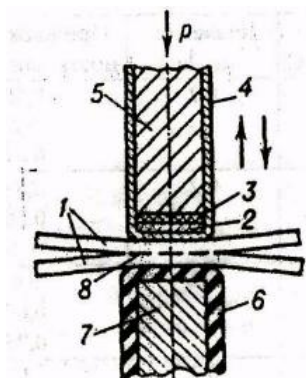


Рис.1.12. Схема термоимпульсной сварки пленок:

1-; 2-нагреватель; 3-теплоизоляция; 4 - антиадгезионный слой стеклоткани или фторопласта-4; 5- подвижная губка; 6- эластичная подложка; 7- неподвижная губка; 8- сварной шов; P- давление прижима (стрелками показано перемещение подвижной губки)

В зависимости от вида инструмента – нагревателя различают сварку ленточным или проволочным источником теплоты; при этом для нагрева свариваемых изделий используют стальные ленты или нити, по которым пропускается электрический ток. Теплоемкость таких нагревателей, контактирующих со свариваемыми деталями, практически ничтожна, поэтому их называют малоинерционными. Иногда эту сварку классифицируют по форме применяемого инструмента: роликом, полозом, горячим клином, нагретым лезвием. При сварке методом проплавления теплоту можно подводить с одной стороны – это односторонняя сварка, в отличие от двусторонней, при которой нагреватели располагают с двух сторон относительно плоскости сварки (рис.1.13).

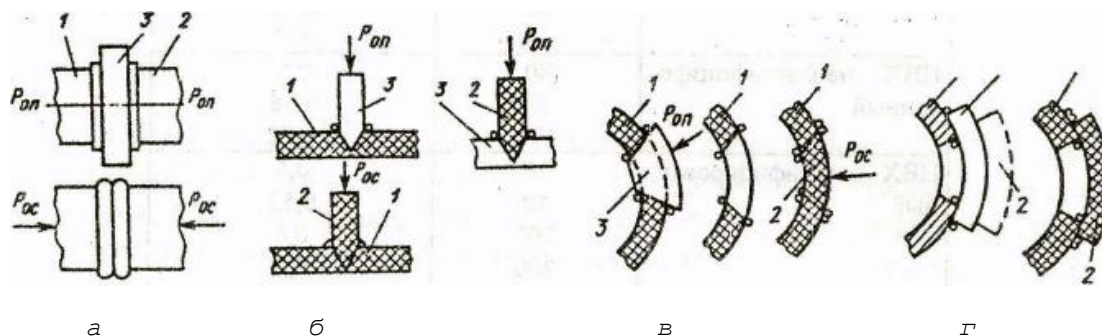


Рис.1.13. Схемы сварки оплавлением:

а- встык; б- в тавр; в- варка заплата; г- приварка накладки; 1,2- свариваемые материалы; 3- нагреватель

Контактная тепловая сварка проплавлением, при которой нагревательный инструмент неподвижен относительно изделия, называется шаговой, или циклической

1.9.2 Сварка газовым теплоносителем.

Сварка газовым теплоносителем – основана на нагреве соединяемых поверхностей материала до температуры сварки струей нагретого газа. Выполняют ее с применением присадочного материала либо без него с помощью сварочных горелок различной конструкции (рис.1.14).

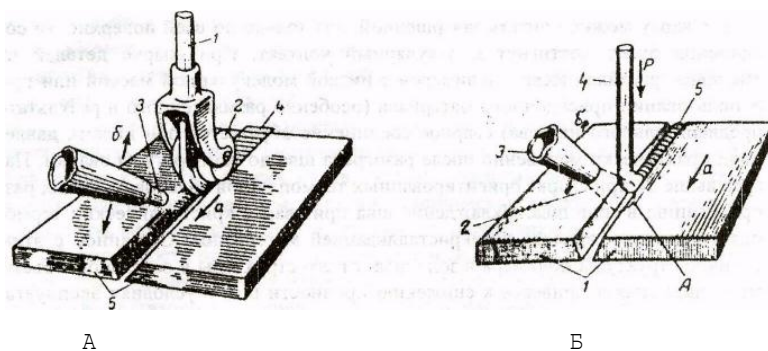


Рис.1.14. Схема сварки нагретым газом: А) с прокаткой присадочного прутка роликом : 1- присадочный пруток; 2-прижимной ролик; 3-сопло; 4 - сварной шов; 5- соединяемые детали, *а*-направление сварки , *б* - направление манипулирования сварочной горелки; Б) с применением присадочного материала: 1- свариваемые детали; 2- струя нагретого газа; 3- - наконечник нагревателя; 4 -присадочный пруток; 5 - сварной шов; *а* - направление сварки.

Нагретый газ, выходящий из сопла горелки, нагревает одновременно свариваемые крошки и присадочный пруток, плотный контакт между которыми создается за счет прижатия прутка рукой сварщика. Этот способ универсален и гибок, может быть применен для сварки материалов различных толщин, позволяет осуществлять сварку протяженных швов сложной конфигурации при различном их положении в пространстве, не требует сложного оборудования и поэтому широко используют при сборке конструкций, несмотря на сравнительно низкую производительность и недостаточно высокую прочность соединения (особенно при ударных и изгибающих нагрузках). Газовым теплоносителем можно сваривать большинство известных термопластов: поливинилхлорид (ПВХ), непластифицированный (винилпласт), полиэтилен высокого давления (ПЭВД), полиэтилен низкого давления (ПЭНД), полипропилен (ПП). Сварка с присадкой особенно эффективна в случае жестких термопластов. Положение шва при сварке может быть самое разнообразное. Сваркой газовыми теплоносителями могут быть выполнены швы практически всех типов соединений – стыковых, нахлесточных, угловых и тавровых. Выбор типа шва обусловлен главным образом толщиной свариваемых материалов, особенностями свариваемых конструкций и условиями их нагружения в процессе эксплуатации.

При сварке деталей толщиной до 4мм подготовку кромок можно не производить. Если толщина свариваемых деталей более 4мм необходима

предварительная подготовка кромок: скос кромок одного, либо обоих свариваемых изделий с одной или двух сторон. Кромки обрабатываются механическим путем – фрезерованием, строганием, опиловкой. Перед сваркой обработанные кромки и сварочный пруток очищают от грязи, масел и других веществ. Швы, полученные при сварке деталей с двумя симметричными скосами двух кромок (X-образная разделка), имеют преимущества перед швами, полученными при сварке деталей с одним скосом одной либо двух кромок (К и V – образной разделкой). Они требуют в 1,6 – 1,7 раз меньшего расхода присадочного материала. Кроме того, при сварке стыковых соединений с X-образной разделкой кромок возможный непровар в корне шва находится в средней части сечения, что делает его менее опасным. Наконец, сварные соединения с X-образной разделкой кромок более прочные, так как, благодаря их симметричному строению, при воздействии растягивающих и изгибающих нагрузок в швах не возникают дополнительные изгибающие моменты.

1.9.3 Сварка экструдированной присадкой

Сварка экструдированной присадкой (расплавом) – состоит в том, что расплавленный материал, выходящий из экструдера или другого устройства, непрерывно подается в зазор между соединяемыми поверхностями, нагревает их до температуры сварки и, сплавляясь с ним, образует сварной шов(рис.11)..

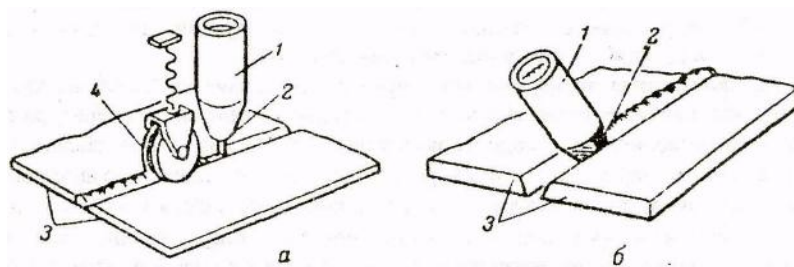


Рис. 1.15. Схемы бесконтактной (а) и контактно-экструзионной (б) сварки расплавом: 1-экструдер, 2- мундштук экструдера; 3- свариваемые детали; 4— прикатывающий ролик

Этот метод прост, высокопроизводителен, обладает широкими технологическими возможностями и позволяет получить высококачественные сварные соединения. Сварка экструдированной присадкой близка к процессу сварки термопластов газовыми теплоносителями с присадочным материалом. Сварное

соединение образуется за счет сплавления присадочного материала с кромками соединяемых деталей. Для получения плотного контакта расплавленного присадочного материала с кромками свариваемых деталей необходимо создавать давление. Теплота, вносимая в зону сплавления, должна перевести в вязкотекучее состояние соединяемые кромки, обеспечить сохранение вязкотекучего состояния присадочного материала и компенсировать потери теплоты с поверхности шва. Учитывая потери теплоты экструдированной присадкой при прохождении воздушного зазора, температура присадки при выходе из мундштука экструдера, должна быть выше, чем температура, при которой необходимо вносить присадочный материал в зону сплавления, на 10-20°C и на 40-80°C выше температуры текучести соответствующих полимеров. Сварку экструдированной присадкой можно применять для соединения полимеров, характеризующихся широким интервалом вязко-текучего состояния и способных нагреваться при экструзии значительно выше температуры текучести без заметной деструкции. К таким материалам относятся полиэтилен, полипропилен, фторопласты. Наиболее целесообразно сварку экструдированной присадкой осуществлять при высоких скоростях экструзии и максимально возможном диаметре присадки, так как в этом случае потери теплоты меньше. Способ сварки, при котором присадочный материал непрерывно поступает в зону соединения из мундштука экструдера, находящегося на некотором расстоянии от поверхности свариваемого материала, получил название бесконтактной экструзионной сварки, или просто экструзионной. Сварку экструдированной присадкой можно использовать для выполнения стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединений. Форма поперечного сечения и конструктивные элементы подготовленных кромок и выполненных швов регламентированы ГОСТ 16310 и определяются толщиной материала, нагрузкой, действующей на сварную конструкцию, и доступностью к месту сварки. Сварка стыковых соединений возможна без подготовки кромок с односторонним (V-образная разделка) и двусторонним скосом кромок (X-образная).

Сварку стыковых соединений без подготовки кромок следует выполнять при сборке конструкций из материалов толщиной до 3мм и только контактно –

экструзионным способом, так как в этом случае разделку шва осуществляют нагретым мундштуком экструдера в процессе сварки. При сварке встык листов толщиной более 3мм необходим скос кромок одного или двух свариваемых листов с одной либо двух сторон в зависимости от доступности места стыка.

Прочность сварных соединений, полученных с помощью экструзионной и контактно – экструзионной сварки, зависит от угла раскрытия шва. Максимальная прочность стыковых сварных соединений с V-образной разделкой кромок достигается при углах раскрытия 70-90°; соединения с X-образной разделкой – при углах раскрытия 60-80°. При оптимальных углах раскрытия швов соединения с X-образными швами имеют более высокую прочность и требуют меньшего расхода присадочного материала. Поэтому при сварке встык конструкций из листовых материалов толщиной свыше 8мм, в случае возможности двустороннего подхода к месту стыка, предпочтительна X-образная разделка кромок. Скос кромок несколько повышает прочность швов.

Ручной сваркой даже при наличии зазора трудно обеспечить стабильное проплавление корня шва по всей его длине. В этом случае соединения выполняют с подваркой корня шва с обратной стороны. Разнотолщинность материала в случае стыковых соединений не должна превышать 1мм, если превышает, то на листах (деталях) большей толщины делается скос под углом 10-20° с одной или двух сторон до толщины более тонкого листа.

При сварке стыковых и угловых соединений число наносимых слоев (число проходов) определяется толщиной соединяемого материала и производительностью экструдера. При толщине материала до 6 мм указанные соединения можно выполнять за один проход, при толщине более 6 мм – за несколько. В случае многопроходной сварки корень шва должен быть тщательно проварен, затем накладывают последующие слои таким образом, чтобы каждый последующий валик был более широким, чем предыдущий. Перед наложением каждого валика поверхность предыдущего должна быть тщательно очищена от пыли и окисленного слоя. Для выполнения сварных соединений экструдированной присадкой необходимо применять присадочный материал, аналогичный свариваемому. Во всех случаях при сварке расплав вытекает в направлении,

противоположном движению сварочного аппарата. Материалы толщиной до 5 мм следует сваривать присадочным материалом диаметром 5 мм, материалы толщиной свыше 5 мм – диаметром 10 мм. Увеличение или уменьшение диаметра присадочного материала ухудшает качество сварных соединений.

Оптимальное расстояние между мундштуком экструдера и поверхностью свариваемого материала при указанных диаметрах присадочного равно 100 мм. Увеличение этого расстояния приводит к значительным потерям присадочным материалом теплоты; уменьшение – затрудняет создание сварочного давления, которое должно сообщаться присадочному материалу непосредственно после укладки его в шов.

Наиболее важные технологические параметры экструзионной сварки:

- температура присадочного материала;
- сварочное давление;
- скорость сварки.

Относительная прочность сварных соединений полученных экструзионной сваркой, составляет 90-100% прочности материала и несколько выше, чем в случае других известных способов сварки; значительно выше также скорость сварки даже при использовании малопроизводительного сварочного оборудования. Преимуществом способа контактно – экструзионной сварки является также низкая чувствительность к состоянию поверхности.

1.9.4 Сварка в электрическом поле высокой частоты (ТВЧ)

Сварка в электрическом поле высокой частоты (ТВЧ) – основана на разогреве свариваемого материала за счет поглощения им энергии электрического поля. При сварке ТВЧ материал находится между металлическими электродами, электроды и помещенный между ними материал образует конденсатор, подключенный к источнику высокочастотной электрической энергии. Под действием электрического поля материал – диэлектрик поляризуется. В случае переменного электрического поля в диэлектрике происходит переменная поляризация, сопровождающаяся смещением заряженных частиц, входящих в атомы и молекулы вещества. Движение частиц в диэлектрике происходит с некоторым трением, и электрическое поле затрачивает свою энергию на его

преодоление. Перемещение частиц происходит с большим трением, что вызывает нагрев диэлектрика. Для сварки ТВЧ полимерных материалов можно использовать строго определенные частоты: 13,56 МГц; 27,12 МГц; 40,68 МГц; 81,36 МГц. Интенсивность нагрева материала при сварке достигается изменением напряжения на электродах. Однако напряжение можно увеличивать до определенных значений, выше которых происходит электрический пробой материала. Максимальная температура при сварке ТВЧ сосредоточена на соединяемых поверхностях, а минимальная – на внешних поверхностях, контактирующих с электродами. Такое распределение температуры является преимуществом ТВЧ, так как снижает деформацию материала в зоне шва.

1.9.5 Ультразвуковая сварка пластмасс

Ультразвуковая сварка пластмасс – заключается в том, что электрические колебания ультразвуковой частоты (20-50 кГц), вырабатываемые генератором, преобразуются в механические продольные колебания магнитострикционного преобразователя и вводятся в свариваемый материал с помощью продольно колеблющегося инструмента – волновода, расположенного перпендикулярно к свариваемым поверхностям. Подвод механической энергии ультразвуковых колебаний осуществляется за счет контакта излучающей поверхности сварочного инструмента – волновода с одной или несколькими свариваемыми деталями. Динамическое усилие, возникающее в результате воздействия колеблющегося волновода, приводит к нагреву свариваемого материала, а действие статического давления обеспечивает получение прочного сварного соединения. Образование сварных соединений при ультразвуковой сварке возможно без проплавления всего объема материала, так как максимальные температуры в любой момент времени достигаются на соединяемых поверхностях материала. Под действием мощных импульсов ультразвуковой частоты происходит выравнивание микронеровностей, разрушение и удаление различных поверхностных пленок и загрязнений, а также ускоряется процесс диффузии макромолекул и перемешивание расплава. Все это ускоряет процесс образования сварных соединений и обеспечивает возможность качественной сварки при температурах

более низких, чем в случаях других известных способов, а иногда даже ниже температуры текучести полимеров.

1.9.6 Сварка пластмасс трением

Сварка пластмасс трением – основана на нагреве соединяемых поверхностей за счет превращения механической энергии трения в теплоту (рис.1.15). Поскольку пластмассы обладают низкой теплопроводностью от зоны контакта деталей, подвергающихся трению, отводится незначительное количество теплоты и поэтому нагрев их происходит быстро. Используют сварку трением путем вращения соединяемых деталей и сварку путем колебательных движений – вибротрения.

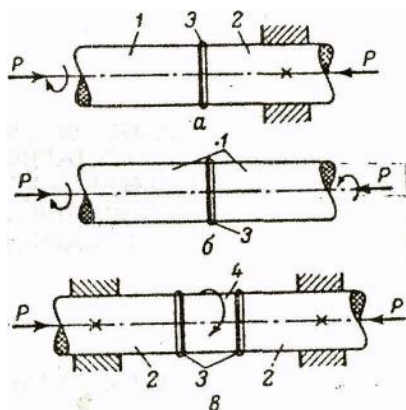


Рис.1.15. Схема сварки трением с использованием вращения

одной детали (а), обеих деталей (б) и вставки (а): 1 - вращающаяся деталь; 2 ~ неподвижная деталь; 3 -сварной шов; А – вставка

За счет выделяющейся при трении теплоты термопластичный материал переходит в вязкотекучее состояние (плавится) и под воздействием прикладываемого при этом усилия часть расплава вытекает в процессе трения (оплавления) свариваемых деталей. При накоплении в стыке необходимого количества расплава процесс трения прекращается, и детали сжимаются (осаживаются) – получается неразъемное соединение. Сварка трением обладает рядом важных преимуществ: высокой производительностью, малым потреблением энергии и мощности, высоким качеством сварного соединения, стабильностью качества сварных соединений, возможностью сварки разнородных пластмасс, гигиеничностью процесса. Сварку трением вращения применяют при

соединении деталей, имеющих форму тел вращения. Вибротрением можно сваривать несимметричные детали практически любой конфигурации.

1.9.7 Сварка излучением

Сварка излучением – использует способность пластмасс поглощать лучистую (фотонную) энергию и за счет этого нагреваться (рис.13). В результате поверхностные слои деталей из термопластов переходят в вязкотекучее состояние и с приложением необходимого давления свариваются. По виду источника и характера генерируемого им излучения различают следующие разновидности сварки: инфракрасным (ИК) излучением, светом видимого диапазона (СВД), лазером (оптическим квантовым генератором).

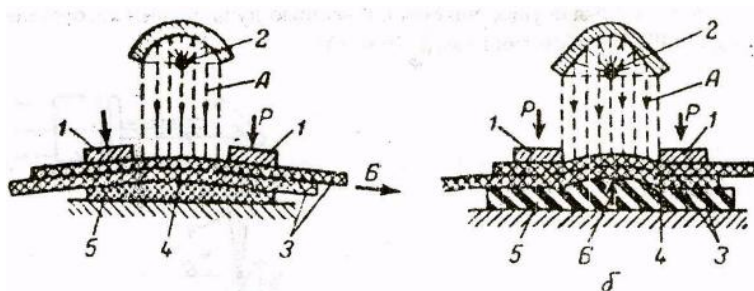


Рис.1.16. Сварка ИК-излучением на жесткой подложке с созданием давления путем растяжения свариваемых материалов (а) и за счет упругой подложки (б):

А- ИК-луч; В- направление натяжения; Р— явление прижима; 1— губки ограничителей зоны облучения; 2- нагреватель, 3~ свариваемые пленки; 4- сварной шов; 5- подложка

Особенностью сварки излучением является отсутствие непосредственного контакта нагревательного инструмента (излучателя) с нагревательной поверхностью, что исключает необходимость применения мер по предупреждению прилипания расплава (адгезии) к нагревателям. При нагреве поверхностей деталей не происходит принудительного вытеснения расплава в первичный град. Процесс нагрева излучением легко регулируется в широком диапазоне путем изменения мощности лучистого потока (температуры нагрева излучателя) и расстояния до облучаемых деталей. Для сварки используют излучатели, в которых элементы накаливания имеют температуру, как правило, выше 1000 °С (до 2100-2200°С). Основными параметрами процесса сварки

излучением являются мощность излучения (температура нагревателя), время нагрева свариваемых поверхностей, усилие и скорость осадки после нагрева. Сварка излучением имеет недостаток – при нагреве оплавливаемые поверхности на протяжении всего цикла находятся в контакте с окружающей атмосферой, что ведет к развитию окислительных процессов расплава термопласта.

В последние годы разрабатываются процессы сварки полимеров, основанные на использовании двух и более видов энергии. Особенно эффективными оказались сочетания энергии ультразвука с другими видами энергии: тепловой, световой, трения, энергии поверхностно-активных веществ. Основное достоинство такого сочетания состоит в расширении технологических возможностей сочетающихся видов энергии, повышении качества полимерных сварных соединений и стабильности процесса. Важным является и то, что комбинированные процессы сварки проще управляются, менее чувствительны к отклонениям параметров режимов сварки и к влиянию различных побочных факторов. Эти процессы обладают также высокой универсальностью. К таким комбинированным видам сварки относятся: сварка изделий из фторопластов теплом и ультразвуком; фрикционно-ультразвуковая сварка.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите способы получения полимеров и дайте их классификацию.
2. Опишите особенности строения линейных, разветвленных и сетчатых полимеров.
3. Дайте определение олигомеров.
4. Дайте определение термопластичных полимеров. Приведите примеры.
5. Дайте определение термореактивных полимеров. Приведите примеры.
6. Опишите фазовые состояния полимеров. Дайте определение «надмолекулярная структура полимеров».
7. Приведите основные типы надмолекулярных структур, характерных для аморфных и кристаллических полимеров.

8. Опишите физические состояния и термомеханические кривые аморфных полимеров

9. Охарактеризовать стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее состояния полимеров.

10. Опишите физические состояния и термомеханические кривые кристаллических полимеров.

11. Охарактеризуйте термомеханические кривые сетчатых полимеров.

12. Опишите способы управления структурой и свойствами полимерных материалов.

13. Основные пластмассы для сварных соединений.

14. Механизм образования сварных соединений.

15. Классификация пластмасс по свариваемости.

16. Методы повышения свариваемости.

17. Способы сварки пластмасс

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ВЫБОР РЕЖИМОВ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ТЕРМОПЛАСТОВ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Цель работы – выявить влияние параметров (температура, давление, время) на качество сварного соединения на примере сварки одного из представителей термопластических пластмасс. Изучить конструкцию мобильной установки для сварки полиэтиленовых труб.

Сущность процесса

При использовании металла в различных конструкциях большое значение имеет его коррозионная стойкость. Для повышения коррозионной стойкости применяют различные способы защиты такие как: применение специальных материалов, защитные покрытия из коррозионностойких материалов, окраска поверхностей и т.д. Большой интерес представляет изготовление конструкций из пластмасс, обладающих довольно хорошей коррозионной стойкостью. При изготовлении и монтаже детали, довольно часто, соединяют с помощью сварки.

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) (рис. 2).

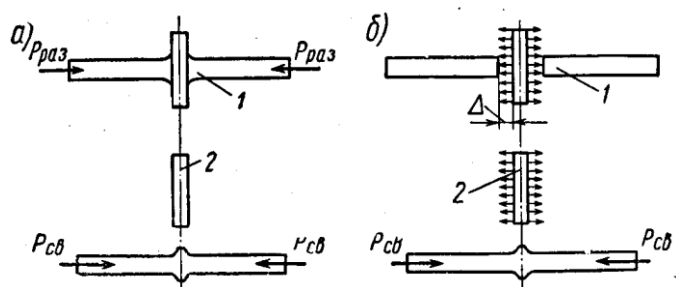


Рис. 2. Схемы сварки при контактном разогреве (а) и излучением (б):
1 – заготовка; 2 – нагретый инструмент

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 1,5-3 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 НД и ВД, винипласта, полипропилена. Выбор параметров сварки зависит главным образом от марки материала.

Установка для сварки полиэтиленовых труб.

Установка для сварки полиэтиленовых труб (рис.3) состоит из следующих составных частей: сварочного блока 1, торцовочного устройства 2, двух опор 3 и нагревателя 4.

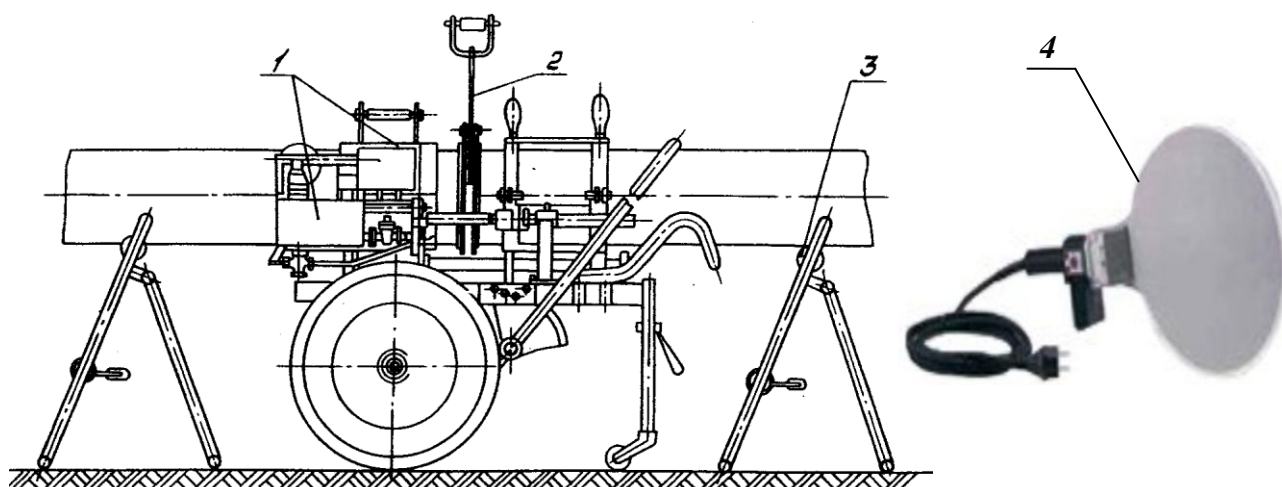


Рис 3. Установка мобильная для сварки полиэтиленовых труб малого диаметра УСПТ-09: 1 – блок сварочный; 2 – устройство торцовочное; 3 – опора; 4 – нагреватель

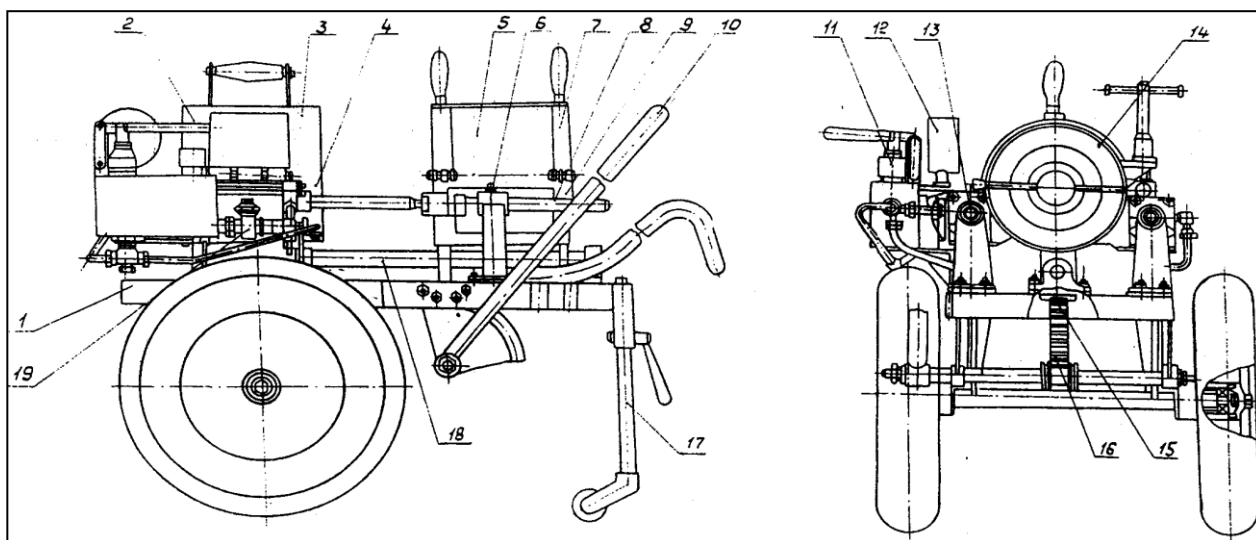


Рис.4. Блок сварочный: 1 – рама; 2 – зажим неподвижный; 3 – крышка; 4 – основание; 5 – зажим подвижный; 6 – стойка; 7 – крышки; 8 – направляющие; 9 – основание; 10 – ручка; 11 – насос; 12 – манометр; 13 – гидроцилиндр; 14 – вкладыши; 15 – рейка; 16 – сектор зубчатый; 17 – стойка; 18 – направляющая; 19 – кран.

Сварочный блок (рис. 4) является основной сборочной единицей установки, на которой производятся все операции по фиксации, торцовке, оплавлению и сварке полиэтиленовых труб и состоит из рамы 1, неподвижного зажима 2, подвижного зажима 5, гидросистемы.

Рама представляет собой сварную конструкцию из уголков, установленную на два колеса и стойку 17, которая служит дополнительной опорой и позволяет установить сварочный блок в строго горизонтальном положении. Неподвижный зажим 2 жестко крепится к раме болтами и состоит из основания 4 и крышки 3, соединенных между собой шарнирно. Основание зажима имеет с обеих сторон площадки для установки гидроцилиндров 13.

Подвижный зажим 5 состоит из основания 9 и двух крышек 7, шарнирно связанных с основанием. К основанию зажима крепится рейка 15 и направляющие 8. Ручное перемещение подвижного зажима осуществляется ручкой 10 через рейку 15 и зубчатый сектор 16, закрепленный на одной оси с рукояткой. Ручное перемещение применяется при торцовке труб и для быстрого подвода и отвода подвижного зажима к нагревателю, при оплавлении торцов труб и при сварке. При перемещении зажим скользит по направляющим

8, при этом направляющие 8 скользят в стойках 6. Конструкция подвижного зажима позволяет фиксировать детали фасонного профиля.

Гидросистема сварочного блока предназначена для создания необходимого контактного давления при сварке труб и включает в себя два гидроцилиндра 13, установленных на основании неподвижного зажима, насос 11 с ёмкостью для рабочей жидкости, манометра 12, крана 19 и соединительные трубопроводы.

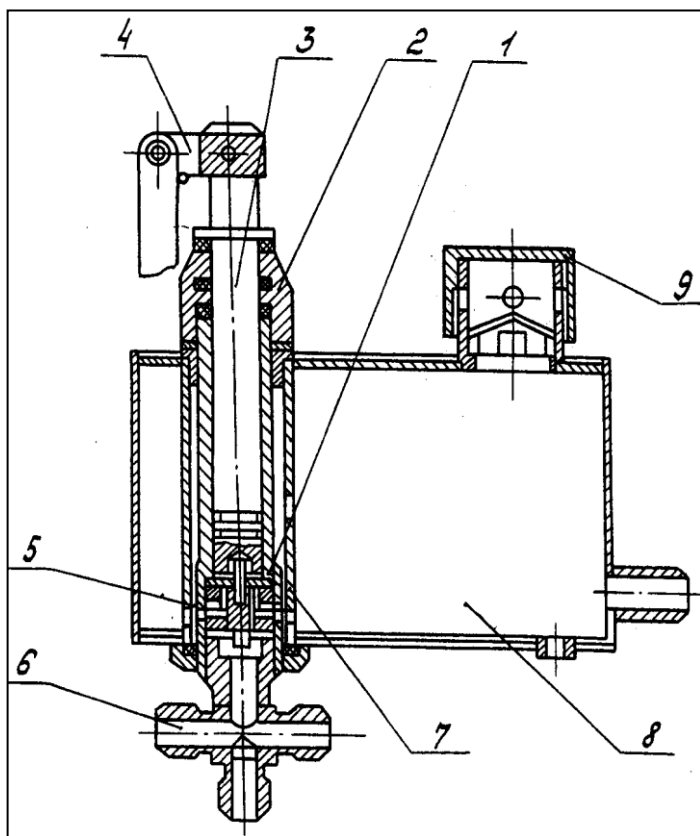


Рис.5. Насос: 1 – корпус; 2 – поджимная гайка; 3 – плунжер; 4 – ручка; 5 – перепускной клапан; 6 – тройник; 7 – гильза; 8 – ёмкость; 9 – заливная горловина

Гидроцилиндр (насос – рис. 5) состоит из гильзы, поршня со штоком, двух крышек и уплотнений. Насос предназначен для создания давления в гидросистеме при оплавлении торцов и сварке полиэтиленовых труб и фасонных деталей и состоит из гильзы 7, где перемещается плунжер 3 перепускного клапана 5, поджимной гайки 2 и ручки 4. Залив рабочей жидкости осуществляется через заливочную горловину 9.

Рабочая жидкость из емкости 8 засасывается через всасывающий клапан. Затем подается через нагнетательный клапан в трубопровод гидросистемы, для присоединения которой служит тройник 6.

Торцовочное устройство (рис.6) предназначено для одновременного подрезания торцов свариваемых поверхностей полиэтиленовых изделий. Оно состоит из основания 6, рукоятки 1, храповых колес 3, 8, собачки 2, ножей 4, оси 5, фиксатора 7.

Нагреватель 4 (рис.3) служит для оплавления свариваемых поверхностей труб и представляет собой полированный диск толщиной 20 мм, выполненный

из нержавеющей стали. Нагреватель имеет радиальные отверстия для индикатора температуры. К диску нагревателя привернуты ручки, используемые для фиксации нагревателя над горелкой, а также на сварочном блоке при оплавлении свариваемых поверхностей изделий.

Индикатор температуры служит для контроля температуры нагревателя. Опора 3 (рис.3) служит для поддержания полиэтиленовых труб и плетей газопровода во время сварки. Опора складная, с регулировкой и фиксацией по высоте. Работа установки осуществляется следующим образом.

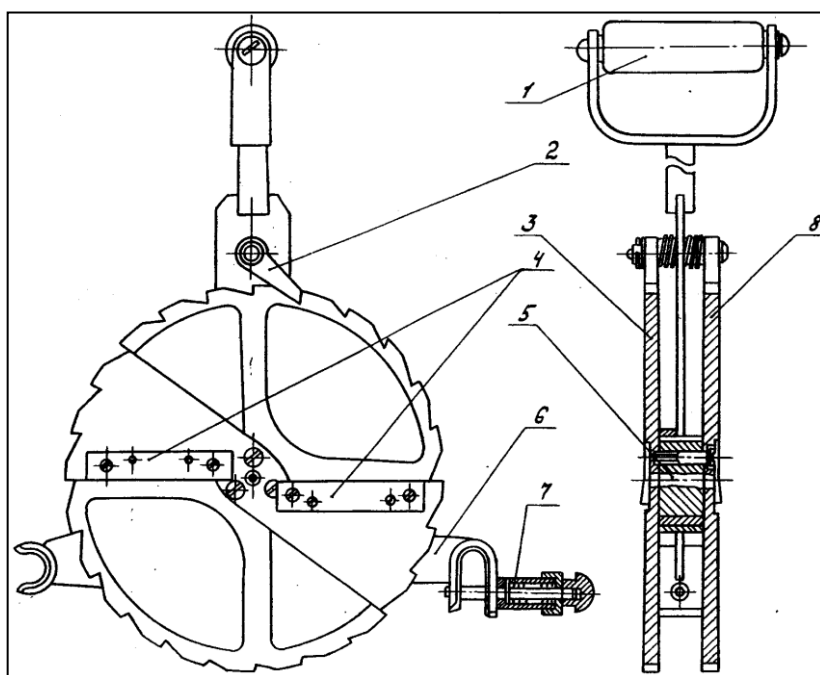


Рис. 6. Торцовочное устройство: 1 – рукоятка; 2 – собачка; 3, 8 – колёса храповые; 4 – ножи; 5 – ось; 6 – основание; 7 – фиксатор

Предназначенные для сварки трубы закрепляются в зажимах сварочного блока (рис.4). 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 штоки цилиндров и закрепляется фиксатором. Оплавление торцов труб ведется с помощью электрического нагревателя с автоматическим поддержанием заданной температуры.

Гидравлической системой сварочного блока создается необходимое давление при оплавлении и сварке полиэтиленовых труб. Контроль давления осуществляется по манометру, который необходимо установить по месту, обеспечив удобное обслуживание установки.

Технология сварки нагретым инструментом полиэтиленовых труб.

Сварка встык нагретым инструментом заключается в нагревании свариваемых торцов труб или деталей 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_n ;
- продолжительность оплавления $t_{оп}$ и нагрева t_n ;
- давление нагретого инструмента на торцы при оплавлении $P_{оп}$ и нагреве P_n ;
- продолжительность технологической паузы между окончанием нагрева и началом осадки t_n ;
- давление на торцы при осадке $P_{ос}$;
- время охлаждения сваренного стыка под давлением осадки $t_{охл.}$;

Для машин со средней и высокой степенью автоматизации дополнительным нормируемым параметром может являться время нарастания давления осадки t_D

Изменение величины параметров по времени в процессе сварки производят по циклограмме, рис.7.

Технологические параметры сварки выбирают по таблицам 1 – 4 в соответствии с маркой полиэтилена, из которого изготовлены трубы и детали.

Температуру рабочей поверхности нагретого инструмента выбирают по таблице 4 в зависимости от материала свариваемых труб (ПЭ 80, ПЭ 100).

Продолжительность оплавления $t_{оп.}$, как правило, не нормируется и зависит от появления первичного грата.

Оплавление и нагрев торцов свариваемых труб и деталей осуществляют одновременно

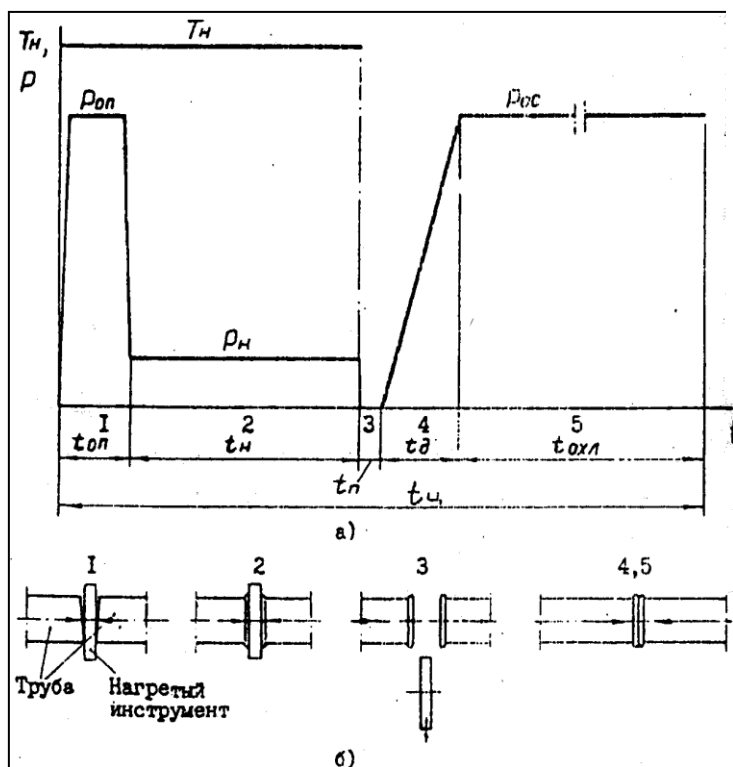


Рис. 7. Циклограмма процесса сварки встык нагретым инструментом труб из полиэтилена:

а) диаграмма изменения во времени t давления $P_{оп}$ на торцах и температуры T_n нагретого инструмента;
 б) последовательность протекания процесса сварки: 1 – оплавление торцов, 2 – нагрев концов труб, 3 – вывод нагретого инструмента (технологическая пауза), 4,5 – осадка и охлаждению стыка.

(синхронно) посредством их контакта с поверхностями нагретого инструмента.

Оплавление торцов необходимо выполнять при давлении

$$P_{on} = 0,2 \pm 0,02 \text{ МПа}$$

($2,0 \pm 0,2 \text{ кгс/см}^2$), в течение времени $t_{оп}$ достаточного для образования по всему периметру, контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала (первичного грата) высотой не менее:

- 1,0 мм при толщине стенки труб от 5 до 10 мм;
- 1,5 мм при толщине стенки труб от 10 до 12 мм;
- 2,0 мм при толщине стенки труб от 12 до 20 мм;
- 2,5 мм при толщине стенки труб от 20 до 26 мм;
- 3,0 мм при толщине стенки труб от 26 до 35 мм.

После появления первичного грата давление необходимо снижать до $P_n = (0,02 \pm 0,01) \text{ МПа}$ ($0,2 \pm 0,1 \text{ кгс/см}^2$) и торцы нагревать в течение времени t_n , которое в зависимости от сортамента (толщины стенки) труб, температуры окружающего воздуха T_o следует выбирать по табл. 5.

Таблица 4.

Температура рабочей поверхности нагретого инструмента, °С

Параметр	Температура окружающего воздуха T_o , °С и тип полиэтилена					
	От минус 15 до 0		От 0 до 20		От 20 до 45	
	ПЭ100	ПЭ80	ПЭ100	ПЭ80	ПЭ100	ПЭ80
Температура рабочей поверхности инструмента	230±10	220±10	220±10	210±10	210±10	200±10

Таблица 5.

Время нагрева торцов труб t_n , с, из ПЭ80 и ПЭ100

Сортамент свариваемых труб по ГОСТ Р 50838		Температура окружающего воздуха T_o , °С и время прогрева, с		
Стандартное размерное отношение	Диаметр и толщина стенки трубы, мм	От минус 15 до 0	От 0 до 20	От 20 до 45
<i>SDR 11</i>	63x5,8-75x6,8	75-110	60-105	50-95
	90x8,-110x10,0	100-140	85-140	70-125
	125x11,4-140x12,7	120-170	100-165	80-150
	160x14,6-180x16,4	155-210	135-200	105-185
	200x18,2-225x20,5	190-260	160-250	125-225
	250x22,7-315x28,6	250-360	225-350	210-310
<i>SDR 17,6</i>	90x5,2-110x6,3	70-105	55-100	45-90
	125x7,1-140x8,0	95-125	80-120	60-110
	160x9,1-180x10,3	105-140	90-140	70-125
	200x11,4-225x12,8	120-170	100-165	80-150
	250x14,27-315x18,5	135-200	115-190	90-180

Допускается давление P_n снижать до минимума при сохранении постоянства контакта торцов труб (деталей) с нагретым инструментом.

Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента, должна быть минимальной, не более:

- 3 с – для труб \varnothing 63 мм;
- 4 с - для труб от \varnothing 90 до 140мм;
- 5 с - для труб от \varnothing 140 до 250мм;
- 6 с – для труб от \varnothing 250 до 315 мм.

После удаления нагретого инструмента торцы труб или труб и деталей сводят и производят осадку стыка при давлении $P_{oc} = (0,2 \pm 0,02) \text{ МПа}$ ($2,0 \pm 0,02 \text{ кгс/см}^2$). Осадку стыка необходимо осуществлять плавным увеличением давления до заданного уровня. Время нарастания давления осадки t_d , с, для труб из ПЭ 80, ПЭ 100, следует принимать по табл.6.

Охлаждение стыка необходимо производить под давлением осадки в течение времени $t_{охл.}$, величина которого принимается по табл. 7. в зависимости от толщины стенки свариваемых труб и деталей и температуры окружающего воздуха T_o .

Таблица 6.

Время нарастания давления осадки t_d , с, для труб из ПЭ80, ПЭ100

Сортамент свариваемых труб по ГОСТ Р 50838		Время t_d , с
Стандартное размерное отношение	Диаметр и толщина стенки трубы, мм	
<i>SDR 11</i>	63x5,8-75x6,8	3-7
	90x8,2-110x10,0	4-8
	125x11,4-140x12,7	4-11
	160x14,6-180x16,4	6-12
	200x18,2-225x20,5	8-14
	250x22,7-315x28,6	10-16
<i>SDR 17,6</i>	90x5,2-110x6,3	3-6
	125x7,1-140x8,0	4-7
	160x9,1-180x10,3	4-8
	200x11,4-225x12,8	5-10
	250x14,27-315x18,5	8-12

Таблица 7.

Время охлаждения стыка $t_{охл.}$, мин, не менее, для труб из ПЭ80 и ПЭ100

Сортамент свариваемых труб по ГОСТ Р 50838		Температура окружающего воздуха $T_о$, °С, и время прогрева, с		
Стандартное размерное отношение	Диаметр и толщина стенки трубы, мм	От минус 15 до 0	От 0 до 20	От 20 до 45
<i>SDR 11</i>	63x5,8--75x6,8	4-5	5-6	6-7
	90x8,2--110x10,0	6-7	7-8	8-9
	125x11,4--140x12,7	8-11	10-13	12-15
	160x14,6--180x16,4	11-14	13-16	15-18
	200x18,2--225x20,5	16-21	18-23	20-25
	250x22,7--315x28,6	24--30	26-32	28-36
<i>SDR 17,6</i>	90x5,2--110x6,3	4-5	5-6	6-7
	125x7,1--140x8,0	5-6	6-7	8-9
	160x9,1--180x10,3	8-10	9-12	10-12
	200x11,4--225x12,8	10-11	11-13	13-15
	250x14,27--315x18,5	18-22	19-24	21-28

С целью повышения точности поддержания заданных давлений ($P_{оп.}$, P_H , P_{oc}) в процессе сварки необходимо учитывать потери на трение движущихся частей сварочной машины и перемещаемой при сварке трубы (секции). Для этого перед сваркой каждого стыка производят замер усилия при холостом ходе подвижного зажима центратора машины с закреплённой в нем трубой (секцией), которое суммируют с усилием, необходимым для создания заданных давлений ($P_{оп.}$, P_H , P_{oc}).

Для уменьшения потерь на трение рекомендуется использовать переносные и регулируемые по высоте роликовые опоры.

При сварке нагретым инструментом рабочие поверхности нагревателя покрывают антиадгезионным слоем, препятствующим налипанию расплава на инструмент.

Параметры циклограммы процесса (рисунок 7) и режимы сварки (таблицы 4 – 7) труб различного сортамента соблюдаются сварочной машиной с высокой степенью автоматизации автоматически, со средней степенью автоматизации –

часть параметров выполняется в ручном режиме, в ручных сварочных машинах автоматически поддерживается только температура нагревательного инструмента.

Маркировку сварных стыков (код оператора) производят несмываемым карандашом - маркером яркого цвета (например: белого или желтого – для черных труб, черного и голубого - для желтых труб).

Маркировку (номер стыка и код оператора) наносят рядом со стыком со стороны, ближайшей заводской маркировке труб.

Допускается маркировку (код оператора) производить клеймом на горячем расплаве грата через 20-40 с после окончания операции осадки в процессе охлаждения стыка в зажимах центратора сварочной машины в двух диаметрально противоположных точках. Рекомендуется использовать клейма типа ПУ-6 или ПУ-8 по ГОСТ 2930.

При выполнении работ проводить систематический операционный контроль качества сборки под сварку и режимов сварки;

Подготовка к работе и порядок работы. На месте производства работ свариваемые трубы зафиксировать в неподвижном и подвижном зажимах сварочного блока. Концы должны выступать от 15-20 мм. Детали фасонного профиля, переходы и втулки фиксируются только в подвижном зажиме, специальных вкладышах, которые поставляются со сварочным блоком и устанавливаются взамен вкладышей 14. (рис. 4). При переходе от трубы большего диаметра к меньшему, переходную втулку предварительно приварить к трубе меньшего диаметра. На штоки цилиндров установить торцовочное устройство и зафиксировать. Ручкой 10 (рис. 4) плотно поджать к торцовочному устройству торцы закрепленных труб. Поворотом рукоятки торцовочного устройства производится подрезка торцов обеих труб. Одновременно с торцовкой труб производится нагрев нагревателя (поверхности нагревателя должны быть очищены от наплавлений скребком).

Контроль температуры его нагрева осуществляется автоматически. Индикатор находится в нагревателе до тех пор, пока на его шкале стрелка не остановит в пределах отмеченного сектора, при этом для труб из полиэтилена средней плотности ПСП стрелка должна находиться в начале сектора (ТН-230-

240° С), а для труб из полиэтилена высокой плотности ПВП в конце сектора (ТН-250-260° С). После определения температуры, индикатор вынимается из отверстия нагревателя и вставляется в скобу, предусмотренную на кожухе горелки. Затем нагреватель устанавливается в зазор между обработанными торцами изделий. Перемещением подвижного зажима вручную с помощью механизма ручного перемещения производится прижим торцов к плоскостям нагревателя.

Кран гидросистемы перекрывается и насосом создается требуемое давление. После оплавления торцов быстро сбрасывается давление в гидросистеме и насосом создается давление, необходимое для прогрева. После прогрева снова сбрасывается давление. Для этого необходимо открыть кран 19 (рис. 4) и убрать нагреватель. Трубы быстро с помощью ручного привода сводятся до соприкосновения, кран закрывается и насосом 11 создается необходимое давление.

Контроль давления осуществляется по манометру с предельными отклонениями 20%. Показания манометра должны складываться из двух величин по формуле:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{расч}} + P_{\text{хол. хода}}$$

где $P_{\text{раб}}$ – рабочее давление, кгс/см²; $P_{\text{расч}}$ – давление, необходимое для создания усилия прижима свариваемых поверхностей при оплавлении, прогреве или осадке материала, кгс/см². Оно выбирается в зависимости от диаметра и типа свариваемых труб по таблице 4.

$P_{\text{хол. хода}}$ – давление в системе, необходимое для преодоления сил трения в подвижном зажиме (усилие холостого хода), кгс/см². Оно определяется через 200 часов работы установки, т.к. эта величина зависит от состояния трущихся поверхностей.

Трубы после сварки должны быть выдержаны в зажимах сварочного блока в течение 5-7 минут для охлаждения, после чего трубы освобождаются из зажимов и установка передвигается к месту сварки нового стыка. Допускается торцовку труб производить следующим образом. При помощи гидравлической системы подвести концы труб к торцовочному устройству, обеспечив

оптимальный прижим для снятия стружки, торцовку производить до прекращения выхода стружки. При необходимости поджим концов труб к торцовочному устройству повторить и вновь произвести торцовку.

5.2. Оборудование и материалы

1. Установка для сварки нагретым инструментом, принципиальная схема которой представлена на рис.4.

2. Заготовки из труб термопласта размером 63×5,8 мм (один из материалов – полиэтилен, винипласт, оргстекло) – 10 шт.

3. Машина для испытания на растяжение усилием до 15000 Н, оснащенная специальными захватами.

4. Инструмент для изготовления образцов: шаблон, чертилка, ножовка, полукруглый напильник, штангенциркуль, шабер.

5.3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по работе с установкой мобильной для сварки полиэтиленовых труб.

2. Произвести опытную сварку одной заготовки с целью проверки работы установки и получения навыка настройки ее на определенный режим.

3. Провести маркировку и замеры свариваемых сечений для подсчета необходимой величины усилий во время сварки. Данные занести в рис 7.

4. Сварить заготовки при четырех-пяти различных значениях одного из параметров и неизменной величине остальных (по указанию преподавателя).

При креплении труб в хомутах обращать внимание на правильность установки заготовок. Смещения кромок не допускать.

5. После охлаждения сварного шва (время охлаждения не менее 1 мин) освободить заготовки от верхних зажимов, отвести подвижный хомут в исходное положение и снять заготовку с установки.

6. Провести визуальный контроль полученного сварного соединения. Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных нагретым инструментом встык, приведены в таблице 26 приложения А

Результаты измерений

№ пп.	Материал заготовок	Размеры заготовок до сварки			Режим сварки				Разрывное усилие, Н	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительная прочность, %	Характер разрушения	Форма и размер грата, мм	
		Толщина, см	Средний диаметр, см	Площадь, см ²	Температура инструмента, °С	Время, с		Давление, МПа						
						Оплавления	Нагрева	Оплавления 0,2±0,02					Нагрева 0,02±0,01	
		Ширина	Высота											

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите разновидности стыковой сварки термопластов нагретым инструментом?
2. Составные части установки для сварки полиэтиленовых труб?
3. Назовите основные параметры процесса сварки встык?
4. Циклограмма процесса сварки встык нагретым инструментом труб из полиэтилена?
5. В зависимости от чего выбирают температуру рабочей поверхности нагретого инструмента?
6. От каких факторов зависит время нагрева торцов труб при сварке НИ?
7. От каких факторов зависит время охлаждения стыка?
8. Что такое технологическая пауза?
9. От каких факторов зависит время технологической паузы?
10. Какую величину составляет давление при оплавлении торцов труб?
11. Что называют гратом?
12. Какой высоты должны быть валики первичного грата при толщине стенки труб от 10 до 12 мм?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

СВАРКА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ СОЕДИНИТЕЛЬНЫМИ ДЕТАЛЯМИ С ЗАКЛАДНЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ

Цель работы – выявить влияние основных параметров сварки на прочность сварного соединения. Изучить конструкцию установки для сварки труб при помощи деталей с закладными нагревателями.

Сущность процесса

Сварку при помощи деталей с закладными нагревателями можно применять для соединения труб любых диаметров и длины, а также для приварки к трубопроводу муфт, отводов, тройников, заглушек. Сварка производится при температуре от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Суть технологического процесса сварки заключается в том, что встроенные в соединительную деталь закладные нагреватели за счет тепла, выделяемого при прохождении по ним электрического тока, разогревают место соприкосновения поверхности детали и трубы. В результате происходит плавление и смешивание материала поверхностных слоев. После естественного охлаждения образуется неразъемное соединение детали с трубой. Подвод тепловой энергии осуществляется в так называемой горячей сварочной зоне, где под воздействием высокой температуры ($200\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит плавление полиэтилена. Холодные зоны муфты являются «запорным устройством», не допускающим выход расплавленного полиэтилена из зазора. В результате в области горячей зоны создается избыточное давление расплавленного полиэтилена с надежным сцеплением трубы и муфты. Все соединительные детали с закладными нагревателями снабжаются индикатором, который информирует о проведении процесса сварки. Блок управления сварочным процессом может выдавать распечатку процесса сварки с указанием технологических параметров сварки.

Установка для сварки труб

Сварочный аппарат «ТРАССА-М» предназначен для сварки с помощью полиэтиленовых фитингов (муфты, отводы, тройники, переходы, заглушки,

седельные отводы) с закладными электронагревателями напорных труб из полиэтилена, предназначенных для трубопроводов, транспортирующих горючие газы, воду жидкости и газообразные вещества.

1. Устройство аппарата.

Общий вид аппарата приведен на рис.8. Аппарат состоит из корпуса 7, сварочных кабелей 3, кабеля питания 8, кабеля устройства считывания штрихового кода 4.

Органы управления и индикации аппарата выполнены в виде пленочной панели 8 и расположены на крышке 9 корпуса. Крышка герметично крепится винтами 13 к корпусу 7. Кнопки управления выполнены по пленочной технологии, в качестве цифрового индикатора (далее по тексту - ЦИ) используется 2-х строчный жидкокристаллический знакосинтезирующий индикатор.

К сварочному кабелю прикреплен защитный чехол 2, в котором размещается устройство считывания штрихового кода 1 (далее по тексту - сканер штрих-кода). Сканер штрих-кода предназначен для ввода в аппарат параметров сварки (стандарт штрихового кода сварки фитингов 2/5 в соответствии со стандартом ISO/TC138/SC5/WG12 ISO TR 13950).

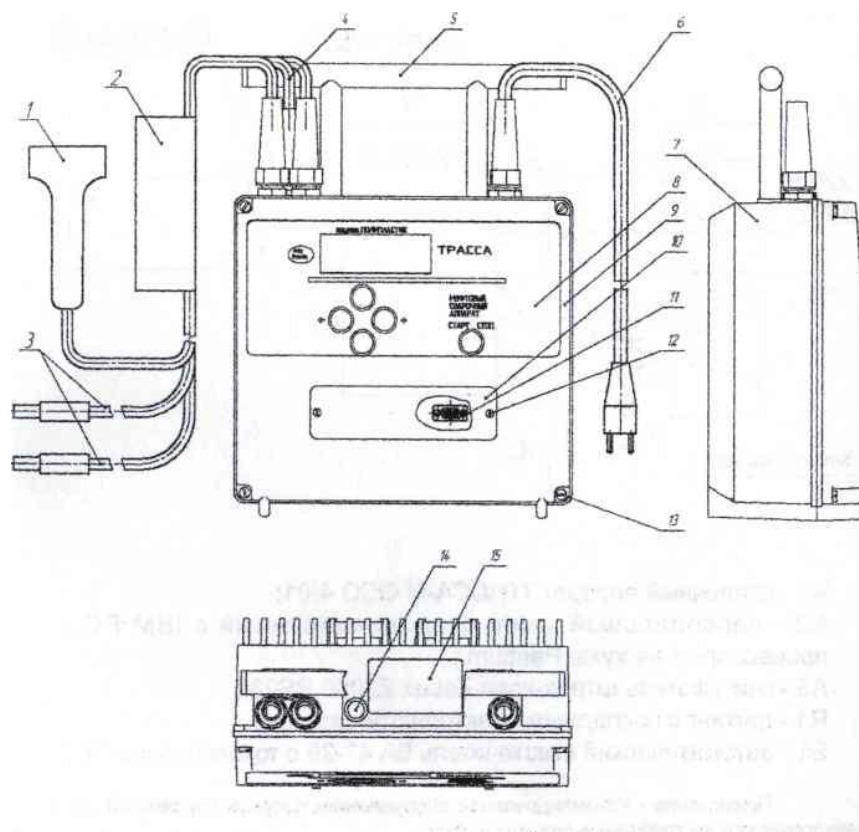


Рис. 8. Общий вид аппарата «ТРАССА-М»

Сканер штрих-кода подключен к аппарату через кабель устройства считывания штрихового кода. В разьеме для соединения сканера с кабелем устройства считывания штрихового кода встроен датчик температуры для измерения температуры окружающей среды.

На передней панели корпуса под крышкой 10 расположен отсек, в котором хранятся интерфейсный кабель RS232, наконечники. Крышка герметично закрывает отсек и крепится к панели двумя винтами 12. На задней стенке отсека расположен разьем 11. Этот разьем применяется для выдачи протокола сварок по интерфейсному кабелю RS232 на персональный компьютер (далее по тексту - ПК).

Перенос аппарата осуществляется с помощью рукоятки 5. Под рукояткой располагаются кнопка ВЗП 14 и табличка "Зав ном" 15.

Технические характеристики

1. Выходное напряжение постоянного тока, В	14-48
2. Отклонение выходного напряжения от заданной величины (% от полусуммы пределов изменения выходного напряжения), В, не более	±2
3. Погрешность индекации выходного напряжения (% от полусуммы пределов изменения выходного напряжения), не более	±2
4. Максимальный ток нагрузки, А	100
5. Диапазон времени нагрева, сек	1-5940
6. Дискретность задания времени нагрева, сек	1
7. Отклонение времени нагрева от заданной величины, сек, не более	1
8. Диапазон сопротивлений применяемых закладных нагревателей, Ом	0,2-20
9. Ввод данных	руч/автомат
10. Интерфейс пользователя	рус/англ.
11. Погрешность часов реального времени (сек за сутки) не более	±10
12. Число сварочных циклов, одновременно хранимых в памяти, не более	1024
13. Время хранения информации в памяти, лет	10
14. Погрешность датчика контроля температуры окружающего воздуха, град. С°	±1
15. Рабочий диапазон температуры окружающей среды, град. С°	-10+40
16. Напряжение питания сети, В	187-242
17. Частота питающей сети, Гц	47-63
18. Потребляемая мощность при максимальной нагрузке, КВА не более	4,5
19. Габаритные размеры, мм,	420x325x170
20. Масса аппарата, кг не более	14,5
21. Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-96	1P65
22. Средний срок службы, лет не менее	10

2. Работа аппарата.

Принцип работы аппарата заключается в формировании выходного напряжения постоянного тока заданной величины и времени для осуществления сварочного цикла, предписанного производителем фитинга.

Ввод параметров сварки (напряжение, время) выполняется вручную и автоматически. Вручную параметры вводятся с помощью кнопок и контролируются на ЦИ. Автоматический ввод параметров сварки осуществляется считыванием штрих-кода, нанесенных на карточки фитингов, сканером с возможностью контроля параметров на ЦИ.

Аппарат выполняет проверку подключенного фитинга с помощью измерения сопротивления его спирали и сравнения сопротивления с введенными данными. Если измеренное сопротивление соответствует введенному значению, то аппарат начинает процесс сварки, иначе процесс сварки не запускается.

В процессе сварки аппарат регулирует выходное напряжение на уровне заданного значения.

Если значение регулируемого напряжения превышает от предыдущего значения более чем на 5% от заданного времени сварки, но не более 3 секунд, то сварочный цикл прерывается (на индикаторе высвечивается надпись «Ошибка 3»).

Если входное напряжение питания превышает допустимый диапазон аппарата более чем на 5 секунд, сварочный цикл прерывается (на индикаторе высвечивается надпись «Ошибка 2»).

Если при длительной работе происходит перегрев сварочного аппарата более 70 С°, сварочный цикл прекращается (на индикаторе высвечивается надпись «Ошибка 1»).

В процессе сварки обеспечивается возможность экстренной остановки сварочного цикла нажатием кнопки «СТОП».

Контроль длительности сварки выполняется счетчиком длительности. При обнулении счетчика длительности, сварка завершается. Результаты проведенного сварочного процесса записываются в память в виде протокола. При

необходимости просмотра, протокол сварок можно вывести на ЦИ или на ПК. Объем памяти протоколов сварок позволяет хранить до 1024 протоколов. При переполнении памяти, аппарат выводит сообщение на ЦИ о переполнении памяти. В этом случае необходимо вывести и сохранить протоколы сварок на ПК и стереть содержимое памяти протоколов.

3. Порядок работы

3.1. Алгоритм управления кнопками управления:

Нажатие на кнопку ◀ «ввод», вне зависимости от положения курсора, подтверждает, что параметры введены верно и можно перейти на следующий экран (быстрый переход) если параметр не находится в режиме редактирования.

Кнопка ▼ «вниз» перемещает курсор в пределах экрана между параметрами.

Кнопка ▶ «вправо» переводит параметр в режим редактирования.

Кнопка «ввод» сохраняет значение параметра, если параметр находится в режиме редактирования.

Кнопка ▲ «вверх» переход к предыдущему окну

По умолчанию в меню сохраняются параметры (даже если аппарат был выключен от сети питания), которые были заданы при последней сварки.

3.2. Включение аппарата.

Подсоединить вилку сетевого кабеля аппарата к источнику электроэнергии. Ваш аппарат оборудован электронной защитой от перенапряжения, поэтому необходимо кратковременно нажать на кнопку ВЗП, находящуюся под переносной ручкой.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ни в коем случае не удерживайте кнопку ВЗП более 2 сек. или не пытайтесь зафиксировать её, каким либо образом, т. к. при этом функция защиты заблокируется, аппарат может выйти из строя.

При включении аппарат формирует три прерывистых звуковых сигнала и на ЦИ выводится сообщение:

Трасса М t:+24 °C

XX/XX/XX YY:YY

где, t : +24 °С - температура окружающего воздуха в градусах, XX/XX/XX - число/месяц/год, YY:YY - часы : минуты, соответственно.

В случае, когда аппарат показывает после включения надпись:

НЕОБХОДИМА ПОВЕРКА

рекомендуется произвести метрологическую поверку на заводе изготовителе или в уполномоченном сервисном центре.

Аппарат готов к работе. Если температура окружающего воздуха выше плюс 40 °С, либо ниже минус 10 °С аппарат выдаёт непрерывно прерывистый звуковой сигнал, а на индикаторе цифровое значение температуры будет мигать. Продолжение работы в этом случае невозможно до установки допустимой температуры окружающего воздуха. При установлении температуры окружающего воздуха в диапазоне от минус 10 °С до плюс 40 °С звуковой сигнал выключится и аппарат готов к работе.

ВНИМАНИЕ - датчик температуры окружающего воздуха располагается в защитном чехле сканирующего устройства. Поэтому для точных показаний температуры окружающей среды не располагайте чехол (он находится на сварочных кабелях аппарата) под открытыми лучами солнца. От этого будет также зависеть качество выполненных Вами сварок.

3.3 Установка часов реального времени.

Для изменения показаний часов реального времени нажать (в течение 5 сек.) кнопку ►, при этом мигает первое знакоместо ЦИ. Производить коррекцию можно только последовательно, слева направо начиная со значения числа дня, затем числа месяца, значение года, значение часа и значение минут

Изменение величины параметра производить кнопками ▲, ▼.

Переход от одного знакоместа к другому выполнить нажатием кнопки ►.

Для выхода из установки часов реального времени нажать кнопку ◀.

На ЦИ перестает мигать знакоместо последнего установленного значения.

3.4. Выбор языка.

После установки часов реального времени необходимо выбрать

необходимый язык, переход осуществляется путем нажатия кнопки ◀ , и переходим к следующему сообщению:

Язык	Language
РУССКИЙ	ENGLISH

Выбор языка осуществляется нажатием кнопки ► (если это необходимо), при этом выбранный вид языка будет «мигать». Кнопкой ^, вы подтверждаете выбранный язык.

3.5 Выбор режима функционирования аппарата, После выбора языка необходимо выбрать режим функционирования аппарата. Аппарат имеет три режима функционирования:

- РАБОТА;
- ДАННЫЕ;
- СЕРВИС.

В режиме РАБОТА аппарат выполняет цикл сварки.

В режиме ДАННЫЕ аппарат выполняет вывод протоколов выполненных сварок на ЦИ аппарата, на персональный компьютер и стирание протоколов сварок.

Режим СЕРВИС используют только представители сервисного центра.

Выбор режима функционирования аппарата осуществляется в меню выбора режима (3.5.1, 3.7, 3.8)

3.5.1 Выбор режима РАБОТА.

После того, как Вы выбрали язык, на ЦИ выводится сообщение:

Режим: Данные

Работа Сервис

при этом выбранный режим будет «мигать». Кнопкой ► можете выбрать необходимый режим работы. Кнопкой ◀, подтверждаете выбранный режим.

Для запуска цикла сварки вы выбираете режим Работа и подтверждаете кнопкой ◀.

3.5.2 Выбор ручного или автоматического ввода данных.

Выбор осуществляется нажатием кнопки ► . При этом начинает

«мигать» выбранный режим ввод Ручной или Автомат меняется кнопками



Подтверждение выбора осуществляется ◀ (если ненужно корректировать номер объекта или код сварщика, об изменении см. ниже [п.3.5.4 и п.3.5\).](#)

3.5.3 Выбор ручного ввода данных

После того, как Вы выбрали режим ручной ввод данных ([см.пункт 3.5.2\)](#), на ЦИ выводится сообщение:

Ввод: Ручной

НО:XXXXX КСXXXX

где, ввод данных сварки в выбранном режиме,

НО: XXXXXX - номер объекта

КС: XXXXXX - код сварщика.

3.5.4 Установить номер объекта сварки.

Нажать кнопку ▶, при этом мигает первое знакоместо НО.

Производить коррекцию можно только последовательно, слева направо начиная с первого знакоместа по пятое. Каждое знакоместо можно редактировать от числа 0 до 9 или буквы от А до Я.

3.5.5 Установить код сварщика.

После установки номера объекта, переходим в режим корректировки кода сварщика. Для перехода необходимо нажать кнопку ▶. Коррекцию кода сварщика выполнить аналогично пункту 3.5.4. Каждое знакоместо можно редактировать от числа 0 до 9 или буквы от А до Я.

Затем после установки НО и КС, изменения подтверждаем кнопкой ◀.

3.5.6 Установить режим ввода параметров сварки.

Нажать кнопку ◀, на ЦИ выводится сообщение:

ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ

Т : XXXX с U : XX,XB

Где, Т: XXXXс - время сварки в секундах.

U: XX,XB - напряжение сварки в Вольтах.

Примечание - При необходимости вернуться на одно из предшествующих меню нужно нажать кнопку ▲ .

3.5.7 **Корректировка времени сварки.**

Необходимо использовать кнопку ►, при этом мигает первое знакоместо Т. Производить коррекцию можно только последовательно, слева направо начиная с первого знакоместа по четвертое. Каждое знакоместо можно редактировать кнопками ▲, ▼.

3.5.8 **Корректировка напряжения сварки U.**

Необходимо использовать кнопку ►, корректировка делается аналогично п.3.5.7. После установки времени и напряжения сварки, значения подтверждаем кнопкой ◀.

3.5.9 **Готовность работы аппарата по заданным параметрам**

Нажать кнопку ◀, на ЦИ выводится сообщение:

ГОТОВ:Р НС:XXXX

Т: XXXXс U: XX,ХВ

где, НС : XXXX - номер сварки

Т: XXXXс - установленное время сварки

U: XX,ХВ - напряжение сварки в В.

Примечание: после слова ГОТОВ, появляется символ, означающий вид ввода:

Р - ручной. Номер сварки не корректируется. Он осуществляет сквозной отсчет количества проведенных сварок. Обнуление происходит при стирании памяти.

3.5.10 **Запуск процесса сварки в ручном режиме.**

После окончательной проверки введенных данных приступайте к запуску процесса сварки. Нажать кнопку ПУСК, на ЦИ выводится сообщение:

Сопротивление

фитинга XX,XX Ом

где, R фитинга XX,XXОм - сопротивление фитинга закладного электронагревателя.

Если сопротивление закладного электронагревателя фитинга лежит в диапазоне от 0.2 до 20 Ом, то аппарат переходит в режим сварки и на ЦИ выводится сообщение:

СВАРКА НС : XXXX

T: XXXXc U:XX,XXB

где, U: XXXXB - реальное напряжение сварки.

T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

НС : XXXX - номер сварки

Значение счетчика времени сварки уменьшается. При обнулении счётчика времени сварки, соответствующее успешному завершению процессу сварки, аппарат выдаст однократный звуковой сигнал и на ЦИ выводится сообщение:

НОРМА

T: XXXXc НС : XXXX

Если Вы производите сварку одним типом фитинга, то Вы можете не менять параметры сварки, а продолжать сварку нажав кнопку ◀. При этом у Вас будет автоматически изменяться только номер сварки.

В случае остановки процесса сварки появляется сообщение, например:

ОШИБКА 2 T: XXXXc

СЕТЬ НЕ В НОРМЕ

где, T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

ошибка X - см. таблицу 9 коды ошибок.

2-я строка - краткая расшифровка ошибок

В таких случаях необходимо по таблице 11 найти причину несоответствия и устранить, после этого продолжить сварку

3.5.11 Прерывание процесса сварки

Процесс сварки может быть в любой момент прерван путём нажатия кнопку СТОП, при этом выйдут сообщение:

ОШИБКА 5 T: XXXXc

Кнопка СТОП

ще, T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

2-я строка - краткая расшифровка ошибок.

ВНИМАНИЕ - сохранение протокола сварки в памяти аппарата происходит после того как, после окончания процесса сварки, на ЦИ выйдут

сообщение о причине окончания сварки. Например: НОРМА или ОШИБКА Х. Если до того, как выйдет сообщение, пропадет электропитание аппарата, то протокол сварки не сохранится.

3.6. Ввод параметров сварки автоматически.

Выбор ввода параметров сварки в автоматическом режиме выполняется см. пункт **3.5.2**

Номер объекта и код сварщика корректируются согласно пунктов **3.5.4** и **3.5.5**.

Ввод: Автомат

НО: XXXXX КСXXXX

где, ввод данных сварки в выбранном режиме,

НО: XXXXX - номер объекта

КС: XXXXX - код сварщика.

Выбор НО и КС осуществляется аналогично пункту **3.5.4** и **3.5.5**.

3.6. 1 После выбора автоматического ввода данных, нажимаем кнопку ◀, на ЦИ выводится сообщение:

Сканирование штрих-кода

3.6.2 Считывание штрих-кода. Для того, чтобы считать штрих-код необходимо навести сканер на штрих-код, непосредственно или с расстояния 10-15 см, и нажать кнопку на корпусе сканера. При успешном считывании появится кратковременный звуковой сигнал.

При неверном считывании штрих кода на ЦИ появится сообщение:

Ошибка сканирования

При этом аппарат подаст три коротких звуковых сигнала.

При правильном считывании, на ЦИ выводится сообщение, например:

GF C XXX mm

МУФТА R:X,XXOM

где, GF - код производителя,

C- тип муфты, ниже расшифровка например, муфта, седелка и т.д.

XXXmm - диаметр муфты, если Вы используете переходную муфту,

то будут показаны два значения диаметра (XXXxXXXмм).

R: X, XX Ом - сопротивление фитинга

3.6.3 Запуск процесса сварки в автоматическом режиме.

Теперь необходимо подтвердить данные, полученные после сканирования штрих кода, для этого необходимо нажать кнопку ◀, на ЦИ выводится сообщение,

ГОТОВ: А НС:XXXX

T: XXXXc U: XX, XB

где, НС : XXXX - номер сварки

T: XXXXc - время сварки по штрих-коду (корректируется автоматически в зависимости от температуры окружающей среды).

U: XX, XB - напряжение сварки по штрих-коду .

Примечание: после слова ГОТОВ, появляется символ, означающий вид ввода:

A-автоматический. Номер сварки не корректируется. Он осуществляет сквозной отсчет количество проведенных сварок. Обнуление происходит при стирании памяти.

3.6.4 Запускаем процесс сварки, нажимаем кнопку ПУСК. На ЦИ кратковременно выводится сообщение:

Сопротивление

фитинга XX, XX Ом

где, R фитинга XX, XX Ом - сопротивление фитинга закладного электронагревателя.

Если сопротивление закладного электронагревателя фитинга не соответствует заданному значению или спираль фитинга в обрыве, то аппарат не переходит в режим сварки и на ЦИ выводится сообщение:

Брак муфты

После устранения возможного дефекта (см. таблицу 11) Вы можете повторить сварку, нажав на кнопку ◀. Затем кнопку ПУСК, или нажать кнопку ▲ на ЦИ выводится сообщение:

Сканирование штрих-кода

и повторить считывание штрих-кода см. пункт 3.6.2.

Если сопротивление закладного электронагревателя фитинга в норме, то аппарат переходит в режим сварки и на ЦИ выводится сообщение:

СВАРКА НС : XXXX

T: XXXXc U:XX,XXB

где, U: XXXXB - реальное напряжение сварки.

T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

НС : XXXX - номер сварки

Значение счетчика времени сварки уменьшается. При обнулении счётчика времени сварки, соответствующее успешному завершению процессу сварки, аппарат выдает однократный звуковой сигнал и на ЦИ выводится сообщение:

*** НОРМА ***

T: XXXXc НС : XXXX

где, T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

НС : XXXX - номер сварки

В течение рабочего дня возможно изменение температуры окружающей среды и аппарат автоматически во время считывания штрих-кода производит корректировку времени сварки T относительно температуры окружающей среды (даже если температура изменилась на один градус). Поэтому Вам необходимо при каждой сварке проводить сканирование штрих-кода каждого фитинга, даже если фитинг имеет один и тот же диаметр

Для продолжения следующей сварки Вам необходимо нажать кнопку ◀, и на ЦИ выводится сообщение:

Сканирование штрих-кода

Далее см. пункт 3.6. 2

Для выхода из автоматического режим нажмите кнопку ▲.

В случае остановки процесса сварки появляется сообщение, например:

ОШИБКА 2 T: XXXXc

СЕТЬ НЕ В НОРМЕ

где, T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

ошибка X - см. таблицу 9 коды ошибок,

Коды ошибок:

- 01 - перегрев силовых модулей инвертора;
- 02 - напряжение питания сети (220В) не в норме;
- 03 - напряжение за 3 сек изменилось более чем на 2%;
- 04 - перегрев силового трансформатора;
- 05 - останов сварки нажатием кнопки СТОП;
- 06 - ток сварки превысил норму более, чем на 5% за период более 3 сек.

В таких случаях необходимо по таблице 9 найти причину несоответствия и устранить, после этого продолжить сварку.

3.6.5 Прерывание процесса сварки.

Процесс сварки может быть в любой момент прерван путём нажатия кнопку СТОП, при этом выведет сообщение:

ОШИБКА 5 T; XXXXc

Кнопка СТОП

где, T: XXXXc - время оставшееся до конца сварки

3.7 Выбор режима ДАННЫЕ (вывод, просмотр и удаление протоколов).

Для этого необходимо кнопкой ◀ или ▲ (в зависимости, где вы находитесь в данный момент) вернуться в:

Режим: Данные

Работа Сервис

3.7.1 Вход в режим ДАННЫЕ (см. пункт 3.5 .)

Кнопкой ▼ выбрать ДАННЫЕ, при этом слово ДАННЫЕ будет «мигать».

Подтвердите кнопкой ◀, на ЦИ выводится сообщение:

Данные

Вывод Удалить

3.7.2 Выбрать меню операции с данными.

Аппарат выполняет две операции с данными:

- вывод протоколов сварок;
- удаление протоколов сварок.

Выбор осуществляется путем нажатия кнопки ►, и подтверждается кнопкой ◀.

3.7.3 Выбираем меню **ВЫВОД** протоколов сварок.

На ЦИ выводится сообщение:

Вывод протоколов

ДИСПЛЕЙ RS232

Аппарат обеспечивает вывод протоколов сварок на:

- ЦИ (ДИСПЛЕЙ);
- на ПК (RS232).

Выбор осуществляется путем нажатия кнопки ►, выбранный элемент мигает - подтверждаем кнопкой ◀.

3.7.4. Просмотр протоколов сварок на цифровом индикаторе.

Выбираем ДИСПЛЕЙ, на ЦИ выводится сообщение:

Протокол XXXX

Выбираем номер необходимого протокола, активируем цифровое значение протокола путем нажатия кнопки ►, при этом мигает первое знакоместо. Производить коррекцию можно только последовательно, слева направо начиная с первого знакоместа по четвертое, кнопками ▲, ▼ набираем необходимый номер протокола.

Подтверждаем выбранный номер протокола кнопкой ◀.

Параметры сварки можно просмотреть только последовательно по 2 значения.

Для просмотра параметров протокола сварки необходимо последовательно нажимать кнопку ◀ или ▲ (в зависимости, где вы находитесь в данный момент).

Формат выводимых параметров протокола сварки на ЦИ приведен в таблице 10.

3.7.5 Выход из просмотра параметров.

Выход из просмотра параметров можно на любом параметре. Для этого,

необходимо, последовательно нажимать кнопку ▲, до появления на ЦИ сообщения, соответствующего нужному меню.

3.7.6 Вывод протоколов сварок на ПК.

Соедините посредством кабеля порт СОМ компьютера с портом вывода сварочного аппарата, в соответствии со схемой рис.9.

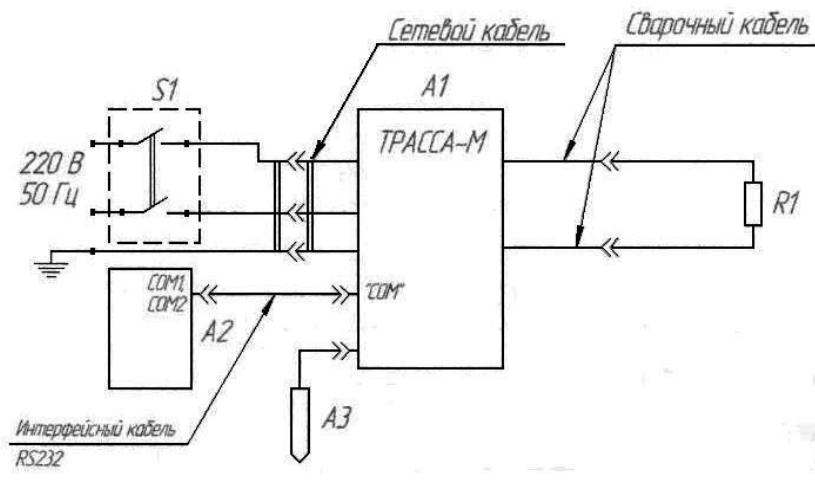


Рис.8. Схема внешних соединений аппарата

A1-сварочный аппарат ТРАССА-М ОСО 4-01; А2 - персональный компьютер, совместимый с IBM PC, с процессором не хуже Pentium; А3 - считыватель штрих-кода Zebex Z3080 RS232; R1 - фитинг с закладным электронагревателем; S1 - автоматический выключатель ВА 47-29 с током отсечки 25А.

ВНИМАНИЕ - КАБЕЛЬ ВСТАВЛЯТЬ И ВЫНИМАТЬ ТОЛЬКО ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ ОТ СЕТИ АППАРАТЕ.

Выбираем меню Вывод протоколов, на ЦИ выводится сообщение:

Вывод протоколов

ДИСПЛЕЙ RS232

Для этого активируем (см. пункт 3.7.4) RS232 и подтверждаем кнопкой ◀, на ЦИ выводится сообщение:

Передача данных ожидание....

3.7.7. Запустите программу обработки протокола сварки «ТРАССА-М» версия 1.2 на ПК. В строке панелей инструментов находим ЯЗЫК/ Русский / English, выбираем необходимый язык. После сделанного выбора, необходимо закрыть окно, потом открыть (появится окно выбранного Вами языка).

3.7.8 Выбрать диалоговое окно на ПК путем выбора пункта меню ДАННЫЕ / ПОЛУЧИТЬ ДАННЫЕ.

Установить параметры обмена по интерфейсу RS-232C между аппаратом и ПК.

Установить: Последовательный порт - COM 1. Передача данных, осуществляется со скоростью, 9600 бит/сек.

После того как, конкретно указаны все параметры соединения, необходимо запустить процесс получения данных, подтвердив нажатием кнопки ПОЛУЧИТЬ.

Автоматически, на ЦИ аппарата, будет виден процесс передачи протоколов, начиная с первого.

После чего, на ЦИ появится сообщение:

**Передача данных
протокол X**

где, X - номер протокола

при этом на ЦИ будет отображаться количество протоколов, переданных в ПК (начиная с первого протокола и до последнего).

Следующее сообщение на ЦИ:

**Передача данных
завершена!**

После этого, необходимо в диалоговом окне нажать кнопку ОК.

В окно базы стыков все протоколы заносятся автоматически и хранятся в памяти аппарата. Для быстрого просмотра протокола необходимо 2 раза кликнуть мышкой на необходимый протокол, в результате чего появится окно, в котором будет отображена вся необходимая развернутая информация.

Для того чтобы, произвести распечатку протоколов необходимо, на панели инструментов выбрать ФАЙЛ - ПЕЧАТЬ. Кнопками на панели инструментов ◀ или ▶ выбирают необходимый протокол. Кнопкой **Printer setup** вызвать окно настройки принтера, выбрать необходимые протоколы. Кликнуть на кнопку ОК, затем на панели инструментов - **Print**.

Полученные протоколы также автоматически заносятся и сохраняются в

папке **Dump**. Для того, что бы извлечь необходимые протоколы необходимо в окне **ИМПОРТ ИЗ ФАЙЛА** поставить значок и кликнуть на кнопку **ПОЛУЧИТЬ**.

Если по каким-то причинам, в памяти аппарата не будет протоколов сварок, например произведена очистка памяти и т.д., то появится на ЦИ сообщение:

Протоколов нет

Таблица 10

Формат параметров протокола

№	Сообщение на ЦИ	Примечание
1	Сварка XXXX Оператор: XXXX	XXXX - номер сварки XXXX - код сварщика
2	Объект НО: XXXX U задан. U: XX,XX	XXXX - номер объекта XX,XX - заданное напряжение сварки
3	T задан. T: XXXXc Дата XX/XX/XX	XXXXc - заданное время сварки XXXX - код сварщика
4	Время XX:YY Тип	Время сварки, XX-часы, YY-минуты Тип фитинга
5	Диаметр XXX Производ XX	Диаметр фитинга, XXX ~ мм Код производителя фитинга
6	Темпер t:+XX°C R задан. X.XXОм	Температура окружающей среды во время сварки Сопротивление фитинга, считанное сканером, в Ом
7	R измер. XX.XXОм U измер.U: XX, XВ	Сопротивление фитинга, измеренное аппаратом, в Ом XX, X - напряжение сварки в В
8	T остав. T: XXXXc Ошибка 000X	XXXX - время оставшееся до конца сварки X - код ошибки (см. таблицу 9)

По окончании вывода протокола сварок на ЦИ выводится сообщение, соответствующее меню выбора режима РАБОТА:

Для того чтобы выйти из режима считывание протокола необходимо на аппарате нажать кнопку ▲, появится сообщение:

Вывод протоколов

ДИСПЛЕЙ RS232

3.7.9 Удаление протоколов сварок.

Перейти в меню операции с данными (см.3.7.1). На ЦИ должно быть сообщение:

Данные

Вывод Удалить

Выбор осуществляется путем нажатия кнопки ►, и подтверждается ◀.

Удалить протоколы сварки. На ЦИ выводится сообщение:

УВЕРЕН ?

ДА Нет

Выбор осуществляется путем нажатия кнопки ►.

Подтвердить удаление протокола сварки. Нажать на кнопку ◀, на ЦИ выводится сообщение:

Очистка данных

ВНИМАНИЕ - имейте в виду после очистки протоколов из памяти аппарата, вам самостоятельно восстановить протоколы обратно будет невозможно. Восстановить утраченные протоколы, можно только на заводе-изготовителе или в уполномоченном сервисном центре.

После завершения стирания протоколов аппарат переходит в меню режима ДАННЫЕ, на ЦИ выводится сообщение:

Режим: Данные

Работа Сервис

3.7.10 Переполнение памяти протоколов сварок.

При переполнении памяти протоколов сварок (количество сварок 1024) на время 2-3 сек. на ЦИ выводится сообщение:

ПАМЯТЬ ЗАПОЛНЕНА

Затем аппарат переходит в меню стирания протоколов сварок (3.5.3).

ВНИМАНИЕ - ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОТЕРИ ПРОТОКОЛОВ СВАРОК, ЕСЛИ ОНИ НЕОБХОДИМЫ, ТРЕБУЕТСЯ ВЫВЕСТИ ПРОТОКОЛЫ НА ПК И СОХРАНИТЬ ИХ В СООТВЕТСТВИИ С п.2.4.8.6.

После сохранения протоколов сварок необходимо выполнить стирание протоколов сварок в соответствии с п.2.4,8.9.

3.8 Режим функционирования СЕРВИС.

В режим функционирования СЕРВИС могут войти только представители завода-изготовителя и уполномоченных сервисных центров. Для входа в режим СЕРВИС необходим пароль доступа

3.9 Перегрев аппарата.

В процессе сварки полиэтиленовых труб большого диаметра и при высокой температуре окружающей среды может произойти перегрев аппарата. Для предотвращения этого Аппарат имеет встроенную тепловую

защиту, которая запрещает старт следующего цикла сварки, если температура радиоэлементов внутри аппарата больше +70 °С, при этом на ЦИ выводится сообщение:

ОШИБКА 1 T:XXXXc

ПЕРЕГРЕВ МОДУЛЕЙ

Предупреждение: ни в коем случае не удерживайте кнопку более 2 сек. или не фиксируйте ее каким-либо образом (в сервисном центре это легко можно определить), т.к. при этом аппарат может выйти из строя. В этом случае Вы автоматически лишитесь гарантии.

4. Характерные неисправности и методы их устранения.

Характерные признаки неисправностей и методы их устранения приведены в таблице 11.

Таблица 11

№ п/п	Признаки неисправности	Причины неисправности	Способ нахождения и устранения неисправности
1	2	3	4
1	При подаче питания общее включение аппарата не происходит. ЦИ на передней панели не светится.	1. Неисправен сетевой кабель. 2. Сработала электронная защиты ВЗП. 3. Напряжение питания выше 270В 4. Неисправен источник питания аппарата. 5. Аппарат не включается даже при нормальном напряжении питания	1. Проверить сетевой кабель, предварительно отсоединив от источника силового питания. 2. Нажать на кнопку ВЗП (под переносной ручкой) 3. Измерить напряжение питания 4. Заменить или отрегулировать источник питания. 5. Отправить аппарат в сервисный центр..
2	На ЦИ сообщение: «*ТРАССА* t :+40 °С» или «*ТРАССА* i:~10°С» аппарат издаёт прерывистый звуковой сигнал, продолжение работы не возможно.	1. Температура окружающей среды выше плюс 40°С, 2. Температура окружающей среды ниже минус 10°С.	1. Охладить аппарат: 2, Поместить аппарат в тёплое помещение. 3. Дождаться улучшения погодных условий.
3	После запуска процесса сварки на ЦИ сообщение: *БРАК МУФТЫ*.	1. Не соответствие по сопротивлению или обрыв в фитинге 2. Плохой контакт наконечника	1. Заменить фитинг 2. Зачистить или заменить наконечник 3. Использовать наконечники соответствующего диаметра для данного фитинга.
4	На ЦИ сообщение: *ОШИБКА 1*.	Высокая температура внутри корпуса аппарата. Возникает как правило при продолжительной работе с большими диаметрами муфт	Охладить аппарат

5	Во время сварки на ЦИ выводится сообщение: *БРАК* ОШИБКА 2 сварка прерывается.	1. Напряжение питания аппарата не в норме (менее 190 В или более 242 В) 2. Напряжение на выходе генератора не в норме.	1. Измерить напряжение питания. 2. Отрегулировать напряжение на выходе генератора или заменить.
6	Во время сварки из ЦИ выводится сообщение: *БРАК* ОШИБКА 3 сварка прерывается.	Напряжение питания аппарата не в норме (при нагрузке менее 180 В).	Измерить напряжение питания при нагрузке.
7	Во время сварки на ЦИ выводится сообщение: *БРАК* ОШИБКА 4 сварка прерывается.	Перегрев трансформатора.	Охладить аппарат
8	Во время сварки на ЦИ выводится сообщение: *БРАК* ОШИБКА 6 сварка прерывается	1. Плохой контакт между муфтой и наконечником, 2. Вблизи, мощный источник электромагнитных излучений, (п.п.2.3,3,)	1. Зачистить контакт или заменить наконечник 2. Аппарат вынести из зоны или выключить источник электромагнитных излучений.
1	2	3	4
9	Штрихкод не считывается	1. В зависимости то конструкции сканирующего устройства, необходимо непосредственно наводить на штрихкод или при считывании расположить сканер от штрих-кода <i>на</i> расстоянии 10 -15 см. 2. 2, Грязное окно у сканера.	Прочитать инструкцию по работе со сканером в руководстве по эксплуатации см. пункт 2.4.7.2. 2, Почистить окно сканера

Технология сварки соединительными деталями с закладным нагревателем

Сварку труб соединительными деталями с закладными нагревателями производят:

- при прокладке новых газопроводов, преимущественно из длиномерных труб (плетей) или в стесненных условиях;
- при реконструкции изношенных газопроводов методом протяжки в них полиэтиленовых труб (в том числе профилированных);
- при соединении труб и соединительных деталей с разной толщиной стенки или при толщине стенки менее 5 мм, или изготовленных из разных марок полиэтилена;
- для врезки ответвлений в ранее построенные газопроводы;
- для вварки трубной вставки в полиэтиленовые газопроводы;
- при строительстве особо ответственных участков газопровода (стесненные условия, пересечение дорог и пр.).

Для сварки труб соединительными деталями с закладными нагревателями

применяют сварочные аппараты, работающие от сети переменного тока напряжением 230 В (190-270 В), от аккумуляторных батарей или от передвижных источников питания (мини-электростанций).

Технологический процесс соединения труб с помощью соединительных деталей с закладными нагревателями включает (рисунок 10):

- подготовку концов труб (очистка от загрязнений, механическая обработка - циклевка свариваемых поверхностей, разметка и обезжиривание);
- сборку стыка (установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах позиционера (центрирующего приспособления) с одновременной посадкой детали с ЗН, подключение детали с ЗН к сварочному аппарату);
- сварку (задание программы процесса сварки, пуск процесса сварки, нагрев, охлаждение соединения).

Для исключения неправильного распределения тепла внутри соединения, приводящего к сильному расплавлению полиэтилена, не рекомендуется превышать величину косого среза торца трубы **a** (рис.11), указанную в табл. 12.

Очистку концов труб от загрязнений производят так же, как при выполнении сварки встык. Концы труб, защищенных полипропиленовой оболочкой, освобождаются от нее с помощью специального ножа. Длина очищаемых концов труб должна быть, как правило, не менее 1,5 длины раструбной части применяемых для сварки деталей.

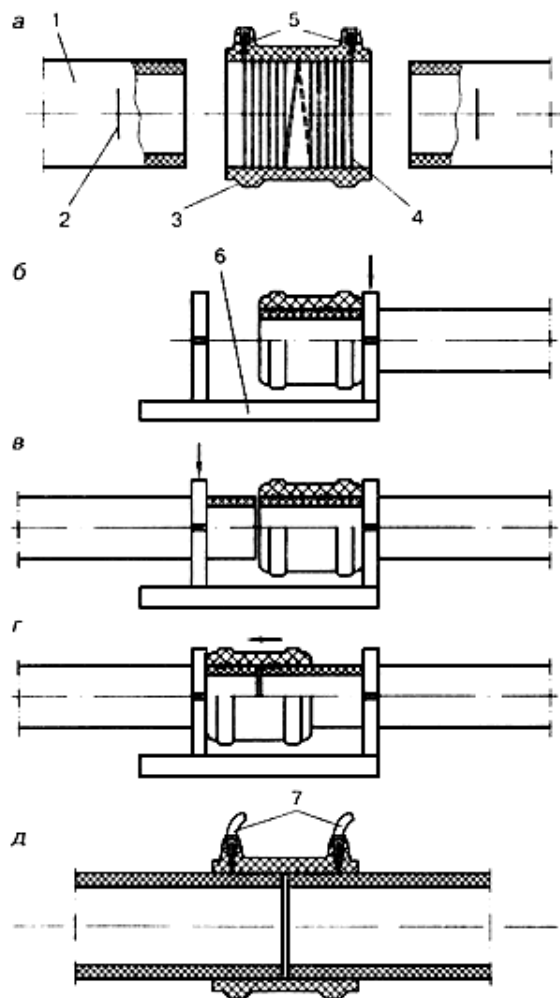


Рис. 10 - Схема соединения труб муфтой с закладным нагревателем:

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 - позиционер; 7 - токоподводящие кабели сварочного аппарата.

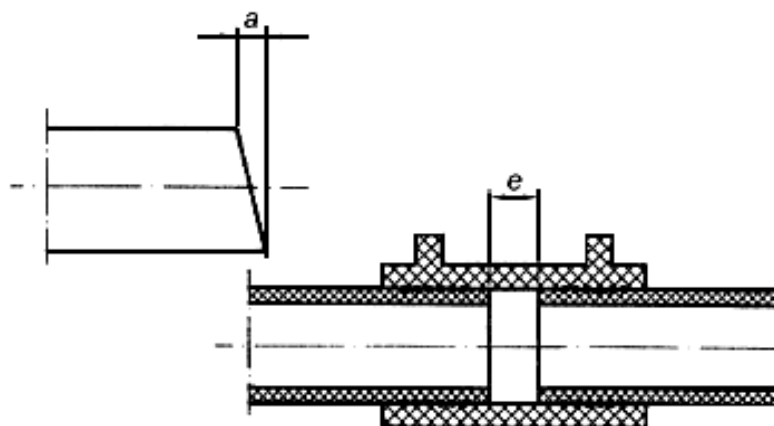


Рис. 11.Схема подготовки торцов труб к сварке:

a - максимальный допуск косога среза трубы; *e* - максимальный зазор между двумя концами труб в муфте

Механическую обработку поверхности концов свариваемых труб производят на длину, равную не менее 0,5 длины используемой детали. Она заключается в снятии слоя толщиной 0,1-0,2 мм с поверхности размеченного

конца трубы. Для труб диаметром до 75 мм, а также для удаления заусенец с торца трубы, как правило, применяется ручной скребок (цикля). Для труб диаметром более 75 мм, а также для труб, изготовленных из ПЭ 100 независимо от диаметра, рекомендуется использовать механический инструмент (торцовочную оправку), которая обеспечивает быстрое и равномерное снятие оксидного слоя с поверхности труб. Кольцевой зазор между трубой и соединительной деталью не должен, как правило, превышать 0,3 мм и после сборки на трубе должны быть видны следы механической обработки поверхности.

Для правильной центровки соединения после механической обработки на концы свариваемых труб наносят метки глубины посадки муфты (соединительной детали), равные половине ее длины.

Не рекомендуется превышать величину зазора между торцами труб в муфте e (рис.11), указанный в таблице 12.

Таблица 12

Величины зазоров между торцами труб в зависимости от диаметра трубы

Диаметр, мм	20-40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315
α	2	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
e	-	5	7	8	9	11	13	14	16	17	18	20	22	23	24

Свариваемые поверхности труб после циклевки и муфты обезжиривают путем протирки салфеткой из хлопчатобумажной ткани, смоченной в спирте или других специальных обезжиривающих составах, которые полностью испаряются с поверхности.

Детали с закладными нагревателями, поставляемые изготовителем в индивидуальной герметичной упаковке, вскрываемой непосредственно перед сборкой, обезжириванию допускается не подвергать.

Механическую обработку и протирку труб и деталей производят непосредственно перед сборкой и сваркой. Детали с закладными нагревателями механической обработке не подвергаются.

Сборка стыка заключается в посадке муфты на концы свариваемых труб с установкой по ранее нанесенным меткам, по ограничителю или по упору в позиционере. Рекомендуется для сборки стыков труб, поставляемых в отрезках, использовать центрирующие хомуты и позиционеры, а для сборки стыков труб, поставляемых в бухтах или на катушках, использовать выпрямляющие позиционеры.

Процесс сборки включает:

- надевание муфты на конец первой трубы до совмещения торцов муфты и трубы, закрепление конца трубы в зажиме позиционера (рис.10, б);
- установку в упор в торец первой трубы и закрепление конца второй трубы в зажиме позиционера (рис.10, в);
- продвижение муфты на конец второй трубы на 0,5 длины муфты до упора в зажим позиционера (рис.10, г) или до метки, нанесенной на трубу;
- подключение к клеммам муфты токоподводящих кабелей от сварочного аппарата (рис.10, д).

В случае если муфты имеют внутренний ограничитель (кольцевой уступ), то сборка труб производится до упора торцов труб в кольцевой уступ и собранное соединение закрепляется в позиционере.

Если свариваемые концы труб имеют овальность больше 1,5% наружного диаметра трубы или $\geq 1,5$ мм, то перед сборкой стыка для придания им округлой формы используют инвентарные калибрующие зажимы, которые устанавливаются на трубы на удалении 15-30 мм от меток или устраняют овальность при помощи специальных приспособлений.

Во избежание повреждения закладных нагревателей (проволочных электроспиралей) надевание детали с ЗН на конец трубы или введение конца трубы в муфту производят без перекосов. Концы труб, входящие в соединительные детали, не должны находиться под действием изгибающих напряжений и под действием усилий от собственного веса. Муфты после монтажа должны свободно вращаться на концах труб от нормального усилия руки.

Трубы сваривают при обеспечении неподвижности соединения в процессе

нагрева и последующего естественного охлаждения.

Приварку к трубам **седловых отводов** производят в следующей последовательности:

- размечают место приварки отвода на трубе (рис.12);
- поверхность трубы в месте приварки отвода зачищают с помощью щетки;
- привариваемую поверхность отвода обезжиривают, а если он поставляется изготовителем в герметичной индивидуальной упаковке, вскрываемой непосредственно перед сборкой, то его обезжириванию допускается не подвергать;

- отвод устанавливают на трубу и механически прикрепляют с помощью специальных зажимов, хомутов и т.п. (рис.12);

- если труба в зоне приварки отвода имеет повышенную овальность (больше 1,5% наружного диаметра трубы или $\geq 1,5$ мм), то перед установкой отвода трубе придают правильную геометрическую форму с помощью калибрующих зажимов, укрепляемых на трубе на расстоянии 15-30 мм от меток (зажимы снимают только после сварки и охлаждения соединения);

- подключают к контактным клеммам токоподвода сварочные кабели;

- производят сварку;

- после окончания сварки и охлаждения перед фрезерованием трубы производят визуальный контроль качества сварного соединения. Рекомендуется для проверки качества сварки через патрубок приваренного отвода подать избыточное давление воздуха внутрь седлового отвода с одновременным обмыливанием места примыкания основания отвода к газопроводу;

- производят фрезерование стенки трубы для соединения внутренних полостей отвода и трубы после полного охлаждения соединения.

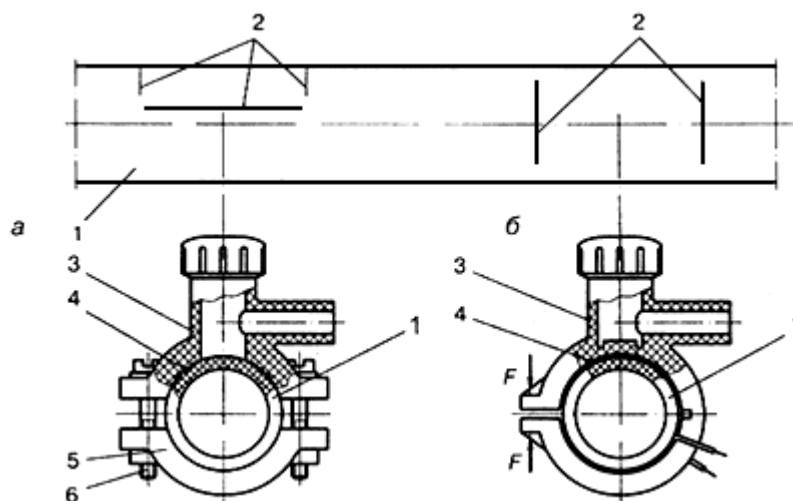


Рис. 12 - Соединение полиэтиленовой трубы и отводов с закладными нагревателями:
 а - седловой отвод с закладным нагревателем; б - отвод с разрезной муфтой с закладным нагревателем; 1 - труба; 2 - метки посадки отводов и механической обработки поверхности трубы; 3 - отвод; 4 - закладной нагреватель; 5 - полухомут; 6 - винты крепления; F - усилие прижатия отвода при сборке и сварке

Параметры режимов сварки устанавливаются в зависимости от вида и сортамента используемых соединительных деталей и видов сварочных аппаратов как в ручном режиме, так и в автоматическом с помощью считывающего устройства с штрих-кода соединительной детали.

После завершения процесса сварки соединение можно перемещать не ранее, чем по истечении времени охлаждения.

К технологическим параметрам режима сварки относятся:

- напряжение питания, подающееся на спираль (24-42 В),
- время сварки и время охлаждения.

Качество соединения полностью обеспечивается соблюдением всех норм проведения технологического процесса в соответствии с требованиями технологии сварки, правил эксплуатации сварочного оборудования и оптимальным выбором режима сварки. Эти нормы предусматривают:

а) контроль появления на поверхности приваренной соединительной детали с закладным нагревателем индикатора, свидетельствующего о завершении процесса сварки или контроль расплавления полиэтилена при поднятии пробок индикатора .

б) контроль недопустимости выступания расплава материала или спирали из-

под сваренной детали.

в) проверку результатов сварки по распечатке.

Если хотя бы один из перечисленных выше пунктов не выполнен или проверка по нему дала отрицательный результат, то сварное соединение бракуется и подлежит удалению.

Основные ошибки, вызывающие некачественную сварку труб при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями являются: косо́й срез торцов свариваемых труб; грязь и влага в соединении; не проведена зачистка и обезжиривание свариваемых поверхностей труб; неправильная установка собранного стыка в центрующих устройствах (недостаточное закрепление); неверно задана программа процесса сварки; не выдержано время охлаждения сваренного стыка. Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи седловых отводов с закладными нагревателями, приведены в приложении Б, выполненных при помощи муфт, тройников, отводов и переходов с закладными нагревателями, приведены в приложении В.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с «Инструкцией по монтажу *муфт*, фитингов и переходников» подготовить трубы и фитинги к сварке.

2. Включить аппарат (3.2).

3. Установить наконечники в переходники сварочных кабелей. Внутренний диаметр наконечников должен соответствовать наружному диаметру штырей муфты.

4. Установить режим работы (3.4).

5. Запустить процесс сварки

6. Окончание процесса сварки оповещается звуковым сигналом и выходное напряжение аппарата автоматически отключается.

7. Отсоединить наконечники от муфты после остывания сварного соединения. Время остывания указано на муфте.

8. Провести визуальный контроль полученного сварного соединения. Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных сваркой при

помощи деталей с закладными нагревателями, приведены в приложении Б и в приложении В.

Вопросы для самопроверки:

1. Суть технологического процесса сварки с закладными нагревательными элементами?
2. Назовите способ задания информации при сварке способом ЗН?
3. Назовите технологические параметры сварки ЗН?
4. Допускается ли при сварке труб деталями с ЗН не производить механическую обработку труб перед их сваркой?
5. При какой температуре окружающего воздуха допускается проводить полиэтиленовых труб способом ЗН?
6. Из каких операций состоит подготовка концов труб к сварке при использовании соединительных деталей с ЗН?
7. В какой последовательности производится сборка сварного соединения при использовании соединительных деталей с ЗН?
8. На какую длину производят механическую обработку (циклевку) концов труб, свариваемых способом ЗН?
9. На какую длину наносят метки посадки детали с ЗН на концы свариваемых труб?
10. Подвергаются ли механической обработке детали с ЗН перед их сваркой?
11. Влияние каких факторов следует избегать после сборки сварного соединения «труба – соединительная деталь с ЗН» до окончания сварки?
12. В зависимости от чего устанавливают параметры сварки труб при сварке соединительными деталями с ЗН?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

РАСТРУБНАЯ ДИФфуЗИОННАЯ СВАРКА

Цель работы Изучить сварку полипропиленовых труб методом «раструбной диффузионной сварки».

Сущность процесса

При сварке с нахлесточным швом с контактным нагревом (**раструбная сварка**) труба и фасонная деталь свариваются внахлест. Конец трубы и муфта фасонной детали разогреваются нагревательным элементом в форме муфты или штуцера до температуры сварки и затем соединяются. Конец трубы, нагревательный элемент и муфта фасонной детали по размерам подгоняются так, что при соединении создается давление соединения (рис.13.).

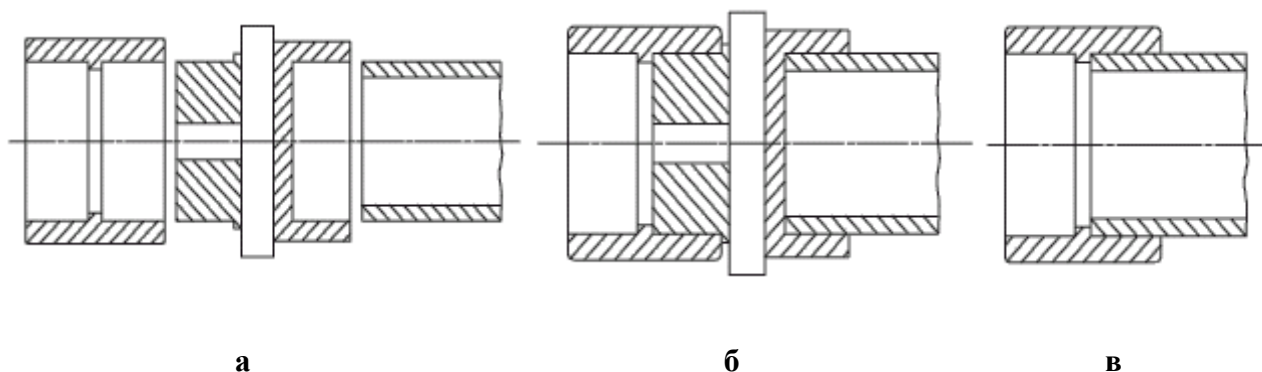


Рис.13 Раструбная сварка:

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 сварки с нахлесточным швом с контактным нагревом труб и фасонных деталей из ПП, ПЭВП при наружной температуре от ок. 20°C и умеренном движении воздуха приводятся в таблице 13.

Температуры муфтовой сварки.

Материал	Температуры сварки
PP-H, PP-R	250 - 270 °C
ПЭВП	250 - 270 °C
ПВДФ	250 - 270 °C

Таблица 14

Режимы муфтовой сварки

Тип материала	Наружный диаметр трубы	Температура сварки	Время разогрева [с]		Время переставки, tU	Время охлад. tAk	
						фиксир.	общее
ПЭВП, ПП	16	250 - 270		5	4	6	2
	20		-	5	4	6	2
	25		1)	7	4	10	2
	32		1)	8	6	10	4
	40		1)	12	6	20	4
	50		1)	18	6	20	4
	63		1) (ПЭВП); 10 (ПП)	24	8	30	6
	75		15	30	8	30	6
	90		22	40	8	40	6
	110		30	50	10	50	8
	125		35	60	10	60	8
ПВДФ		250 - 270	Толщина стенки трубы [мм]	Время разогрева [с]			
	16		1,5	4	4	6	2
	20		1,9	6	4	6	2
	25		1,9	8	4	6	2
	32		2,4	10	4	12	4
	40		2,4	12	4	12	4
	50		3,0	18	4	12	4
	63		3,0	20	6	18	6
	75		3,0	22	6	18	6
	90		3,0	25	6	18	6
	110		3,0	30	6	24	8

1) не рекомендуется из-за небольшой толщины стенки

Установка

Сварочный аппарат FORAweld-1500-2ST предназначен для выполнения раструбной (муфтовой) диффузионной сварки полипропиленовых труб и фитингов

диаметрами 0 20мм - 0 40мм.

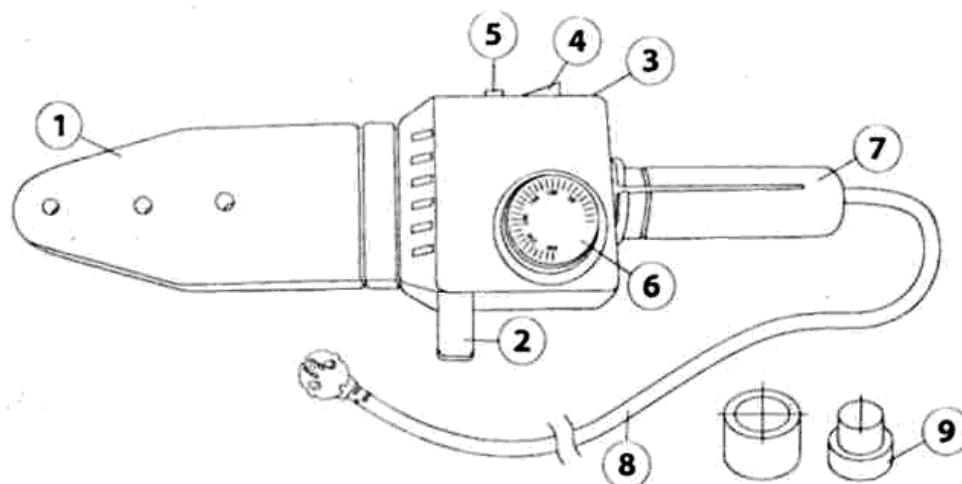


Рис.14 Сварочный аппарат FORAweld-1500-2ST:

1-Электронагреватель аппарата;2-Шток для крепления аппарата на струбцине; 3-Панель элементов управления аппаратом; 4-Клавиши включения-выключения аппарата (положение I -вкл, положение 0 - выкл.); 5-Индикаторы готовности аппарата к работе; 6-Ручка терморегулятора; 7-Рукоятка аппарата; 8-Электрический кабель с вилкой; 9Парные сменные нагреватели в комплекте.

Принцип работы сварочного аппарата

Сварочный аппарат представляет собой электрический прибор, работающий при напряжении сети 220В, мощностью 1500 Вт. В корпусе электронагревателя размещены два независимых электрических нагревательных элемента (далее ТЭНы). Корпус электронагревателя оснащён тремя посадочными отверстиями для крепления сменных насадок.

Терморегулятор автоматически поддерживает заданную температуру насадок. Заданная температура устанавливается при помощи вращения ручки терморегулятора, имеющей температурную шкалу от 50°С до 300°С Цена деления температурной шкалы - 10°С

Для быстрого нагрева аппарата до рабочей температуры после его включения в сеть рекомендуется включить оба ТЭНа. Горящие индикаторные лампочки

двух клавиш показывают, что идёт одновременный нагрев двух ТЭНов. При достижении заданной температуры индикаторные лампочки гаснут.

Размеры нагревательных элементов (рис.15,16.) должны соответствовать указанным в таблице 15 величинам:

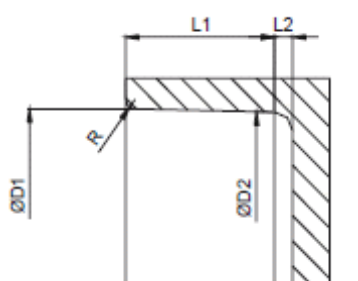


Рис.15.Нагревательная муфта

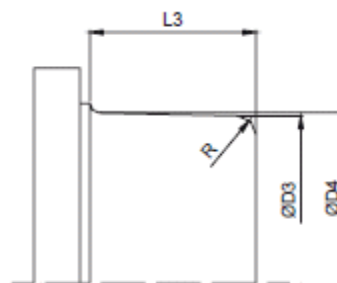


Рис.16. Нагревательный добр

Таблица 15:

Диаметр трубы	øD1	øD2	øD3	øD4	L1	L2	L3	R
[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[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
75	74,75	74,42	73,84	74,15	33	6	31	4,0
90	89,75	89,38	88,75	89,1	37	6	35	4,0
110	109,7	109,27	108,59	109	43	6	41	4,0
125	124,7	124,22	123,49	123,95	48	6	46	4,0

Примечание: при температурах 260 - 270⁰С; Допуски размеров: ±0,04 мм ± 0,04 мм, а для > 50 мм - ± 0,06 мм;

Технология выполнения сварки с нахлесточным швом

с контактными нагревом

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.

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 отверждения оплавленного материала.

Таблица 16

Размеры фасок и глубины ввода при муфтовой сварке

Диаметр трубы	Фаска на трубе для		Глубина ввода для	
	ПЭВП, ПП	ПВДФ	ПЭВП, ПП	ПВДФ
d [мм]	b [мм]	b[мм]	t [мм]	t [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 поворот деталей относительно друг друга после сопряжения деталей не допускается. После каждой сварки необходима очистка рабочих поверхностей от налипшего материала. Время выдержки свариваемых изделий до частичного отверждения зависит от применяемого материала.

Подготовка сварного шва (выполняется непосредственно перед сваркой). Концы трубы отрезать под прямым углом и с внутренней кромки ножом удалить заусенцы. На конце трубы по таблице 16 выполнить фаски и обработать инструментом с малым углом заострения так, чтобы лезвие инструмента было заподлицо с торцом трубы.

Свариваемые поверхности трубы и фасонной детали основательно прочистить бумагой не оставляющей волокон бумагой и растворителем (напр., ацетон). Поверхность трубы можно обработать циклей и отметить на трубе глубину ввода (t).

Порядок выполнения работы

1. Закрепить сварочный аппарат на струбцину.
2. Закрепить парные сменные насадки требуемого диаметра на электронагревателе.
3. Установить температуру сварки с помощью ручки терморегулятора.
4. Подсоединить аппарат к электрической сети.
5. Включить аппарат нажатием двух клавиш включения-выключения. При достижении заданной температуры индикаторы погаснут. Аппарат готов к работе.
6. Для производства сварки необходимо надеть фитинг на сварочную насадку, а трубу вложить в отверстие насадки с противоположной стороны. В таком положении трубу и фитинг следует удерживать в течение предписанного времени нагрева (см. таблицу 17).
7. После нагрева следует быстро снять фитинг и трубу с насадки, ввести трубу в фитинг до упора и удерживать неподвижно для охлаждения в течение предписанного времени.

8. Не допускается поворот вокруг оси трубы и фитинга во избежание деформации изделия.

9. Охладить сварное соединение (табл.17)

Таблица 17.

Время охлаждения сварного соединения

Диаметр трубы, мм	Ширина сварочного пояса, мм	Время нагрева, сек	Технологическая пауза (время соединения), сек	Время охлаждения, мин
20	14	6	4	2
25	16	7	4	2
32	18	8	6	4
40	20	12	6	4
50	23	18	6	4
63	26	24	8	6
75	28	30	10	8
90	30	40	11	8
110	33	50	12	8

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

Вопросы для самопроверки:

1. Суть технологического процесса сварки в раструб?
2. Последовательность технологического процесса сварки в раструб?
3. От каких факторов зависит выбор температуры нагревательного инструмента?
4. Отличие раструбной сварки от раструбно-стыковой?
5. К какому классу относится сварка в раструб?
6. Допускается ли принудительное охлаждение сварного соединения?

7. К чему приводит превышение установленной температуры нагретого инструмента при сварке в раструб?

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы – выявить влияние основных параметров (температура, давление, время) на качество сварного соединения.

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 18.

Таблица 18

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

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 19.

Таблица 19

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

1. Обязательные методы контроля сварных соединений

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 0,3-0,7 в любой точке шва. При сварке труб с соединительными деталями это отношение допускается в пределах 0,2-0,8;
- 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) (см. рисунок 1);
- 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 20 приведены данные, полученные при сварке труб (деталей) из ПЭ 80, для труб (деталей) из ПЭ 100 эти размеры меньше на 15% (см. рис.17).

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

Таблица 20

Размеры наружного грата

Параметры наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 11 63x5,8	SDR 11 75x6,8	SDR 17,6 90x5,2	SDR 11 90x8,2	SDR17,6 110x6,3	SDR 11 110x10
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 125x7,1	SDR 11 125x11,4	SDR 17,6 140x8,0	SDR 11 140x12,7	SDR17,6 160x9,1	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 Параметры наружного грата	Условное обозначение труб					
	SDR 17,6 180x10,2	SDR 11 180x16,4	SDR 17,6 200x11,4	SDR 11 200x18,2	SDR 17,6 225x12,8	SDR 11 225x20,5
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 250x14,2	SDR 11 250x22,7	SDR 17,6 280x15,9	SDR 11 280x25,4	SDR17,6 315x17,9	SDR 11 315x28,6
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

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.

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи седловых отводов с закладными нагревателями, приведены в таблице 27 приложения .

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи муфт, тройников, отводов и переходов с закладными нагревателями, приведены в приложении В

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 сварочной 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.

Критерии оценки качества при помощи ультразвукового контроля сварных стыковых соединений полиэтиленовых труб приведены в приложении.

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.

Предельно допустимые размеры и количество дефектов приведены в приложении С.

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.

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 проводится 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.

3. Методика проведения контроля качества сварных соединений

3.1. Внешний вид и размеры сварных соединений

Внешний вид сварных соединений определяют визуально без применения увеличительных приборов путем сравнения оцениваемого соединения с контрольным 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 29. 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.

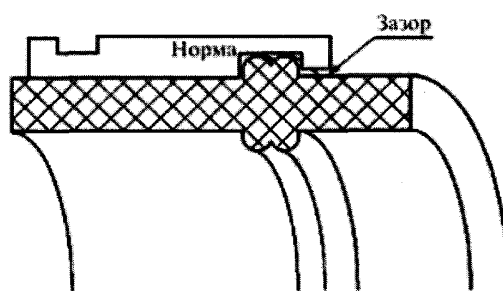


Рис.17 - Измерение смещения кромок при помощи шаблона

3.2.Ультразвуковой контроль сварных соединений

Ультразвуковой контроль сварных стыковых соединений осуществляют в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах, а также в соответствии с требованиями ГОСТ 14782.

При проведении ультразвукового контроля следует применять:

- ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы общего назначения

отечественного или зарубежного производства, рассчитанные на рабочую частоту ультразвука в диапазоне от 1 до 5 МГц или специализированные дефектоскопы;

- стандартные образцы предприятия (СОП) с эталонными отражателями для настройки параметров контроля, размеры которых в зависимости от диаметра и толщины стенки контролируемого газопровода определены в приложении С;

- пьезоэлектрические преобразователи на рабочую частоту в диапазоне от 1 до 5 МГц, работающие по совмещенной, отдельно совмещенной, отдельной или комбинированной схемам.

Применяемое для проведения ультразвукового контроля оборудование должно быть сертифицировано в установленном порядке и одобрено Госгортехнадзором России.

Ультразвуковой контроль сварного стыкового соединения должен проводиться при температуре околошовной зоны стыка не выше 30 °С.

Перед проведением контроля околошовные поверхности сварного стыкового соединения тщательно очищаются от грязи, снега и т.п. Ширина зоны очистки определяется конструкцией применяемых пьезоэлектрических преобразователей и технологией контроля.

Подготовленные для ультразвукового контроля поверхности непосредственно перед проведением прозвучивания стыкового соединения покрываются слоем контактирующей жидкости. В качестве контактирующей жидкости в зависимости от температуры окружающего воздуха следует применять: при положительных температурах - специальные водорастворимые гели типа "Ультрагель", обойный клей, глицерин, при отрицательных температурах окружающего воздуха - моторные масла, разведенные до необходимой концентрации дизельным топливом. При применении глицерина и моторных масел поверхность трубы после проведения ультразвукового контроля должна быть очищена и обезжирена.

Контроль качества стыкового соединения проводят на двух уровнях чувствительности - браковочном и поисковом. Поисковая чувствительность

отличается от браковочной на 6 дБ.

Настройку чувствительности контроля осуществляют при температуре, соответствующей температуре окружающего воздуха в месте проведения контроля.

Оценка качества стыковых сварных соединений полиэтиленовых газопроводов производится по альтернативному признаку - "годен" или "не годен".

Сварное стыковое соединение считается "не годным", если в нем обнаружены:

- дефекты, амплитуда отраженного сигнала от которых превышает амплитуду сигнала от эталонного отражателя в СОП на браковочном уровне чувствительности;

- дефекты, амплитуда отраженного сигнала которых превышает амплитуду сигнала, отраженного от эталонного отражателя в СОП на поисковом уровне чувствительности, если условная протяженность дефекта или количество дефектов превышают нормативные значения.

Критерии оценки качества дефектов находятся в таблицах приложения Г.

3.3. 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 ± 1 мм. Образцы не должны иметь раковин, трещин и других дефектов. Схема изготовления образцов-лопаток для испытания на осевое растяжение приведена на рис. 18.

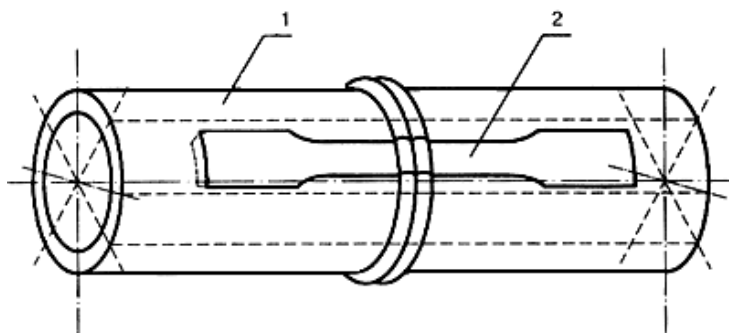


Рис. 18. Схема вырезки образцов из сварного соединения для испытания на осевое растяжение

1 - патрубок со сварным соединением; 2 - расположение образцов

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

Испытания проводят при скорости раздвижения зажимов испытательной машины, равной (100 ± 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.

3.4. Испытания муфтовых соединений на сплющивание

Для определения стойкости муфтовых соединений к сплющиванию подготавливаются патрубки с расположенными по центру муфтами, изображенные на рис.19. Длина патрубка и количество образцов, изготавливаемых из каждого патрубка, должны соответствовать таблице 21.

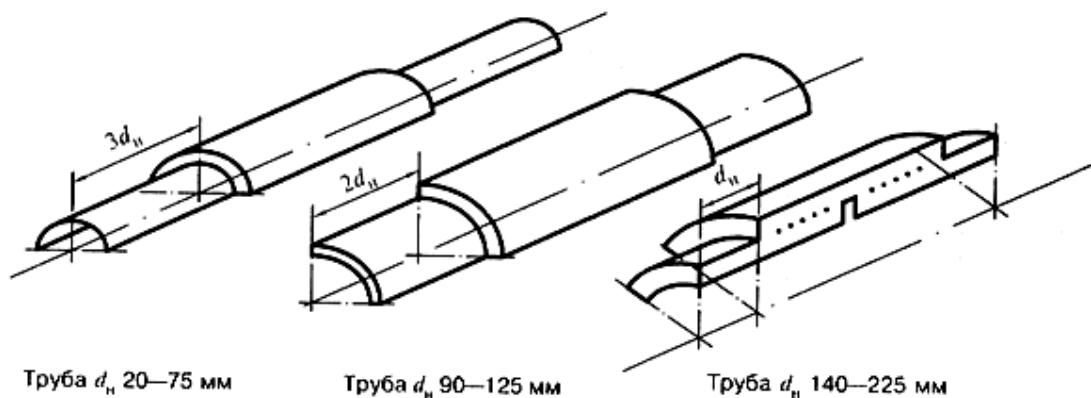


Рис.19- Общий вид образцов-сегментов

Таблица 21

Номинальный диаметр труб с d_n , мм	Длина свободной части образца L , мм, не менее	Количество образцов из одного патрубка, шт.	Угол сегмента, град.
20-7	$3d_n$	2	180
90-125	$2d_n$	4	90
140-225	d_n	8	45

Не ранее чем через 24 ч после сварки производят разрезание сварного муфтового соединения вдоль оси на испытательные образцы-сегменты в диаметральном сечении.

Испытания проводят при температуре (23 ± 5) °С. При указанной температуре образцы выдерживают не менее 2 ч.

Для испытаний применяют механизированный процесс, обеспечивающий сближение плит со скоростью (100 ± 10) мм/мин; допускается использование прессы со скоростью сближения плит (20 ± 2) мм/мин.

Подготовленный к испытанию образец устанавливают между обжимными плитами прессы так, как показано на рисунке 20. Затем осуществляют сближение обжимных плит до тех пор, пока расстояние между ними не сократится до удвоенной толщины стенки трубы.

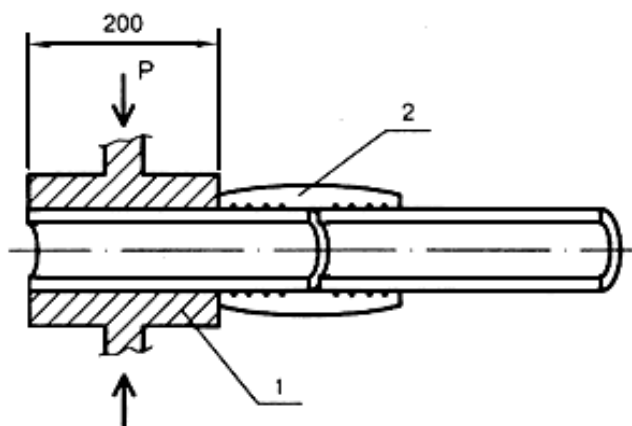


Рис.20.- Схема испытания образцов-сегментов на сплющивание

1 - обжимные плиты; 2 - испытываемый образец

Допускается проведение испытаний с использованием обжимных плит без округления кромок. В этом случае в начале испытания расстояние от торца соединительной детали до торца губок должно быть (20 ± 3) мм.

При согласовании с заказчиком допускается испытание образцов соединений труб диаметром до 63 мм включительно производить в слесарных тисках по ГОСТ 4045 плавным деформированием образца.

После снятия нагрузки образец извлекают из пресса или тисков и визуально осматривают, определяя наличие отрыва трубы от муфты или соединительной детали.

В случае если на части длины шва обнаружен отрыв трубы или соединительной детали от муфты, штангенциркулем по ГОСТ 166 измеряют длину части шва, не подвергнутой отрыву, и расстояние между крайними витками закладного нагревателя в зоне сварки в пределах одной трубы, которое принимают за длину шва.

Длина шва, не подвергнутая отрыву при сплющивании C_c , %, определяется по формуле

$$C_c = \frac{l}{L} 100,$$

где l - длина шва, не подверженная отрыву, мм;

L - длина зоны сварки (длина шва) в пределах одной трубы, определяемая по расстоянию между крайними витками спирали закладного нагревательного элемента, мм.

Для удобства измерения допускается дополнительное разрезание образца

любым режущим инструментом в продольном и поперечном направлениях.

3.5. Испытания седловых отводов на отрыв

Испытания на отрыв проводят на образцах седловых отводов, сваренных с полиэтиленовыми трубами с номинальным наружным диаметром от 63 до 225 мм, в зависимости от типоразмера седлового отвода. Длина полиэтиленовой трубы (патрубка) принимается равной длине седелки. Перед испытанием образцы кондиционируют при температуре (23 ± 2) °С не менее 2 ч.

Допускается для упрощения фиксации образца в испытательной машине производить срезание хвостика седлового отвода, а также укорочение горловины (отводящего патрубка).

Испытания проводят при температуре (23 ± 2) °С.

Для проведения испытаний возможно использование машин для испытания на сжатие типа ИП6010-100-1 с наибольшей предельной нагрузкой 100 кН. Испытательная машина должна быть снабжена оснасткой, изготовленной по чертежам, утвержденным в установленном порядке, и обеспечивающей приложение нагрузки по одной из двух схем испытания, приведенных на рисунке 21.

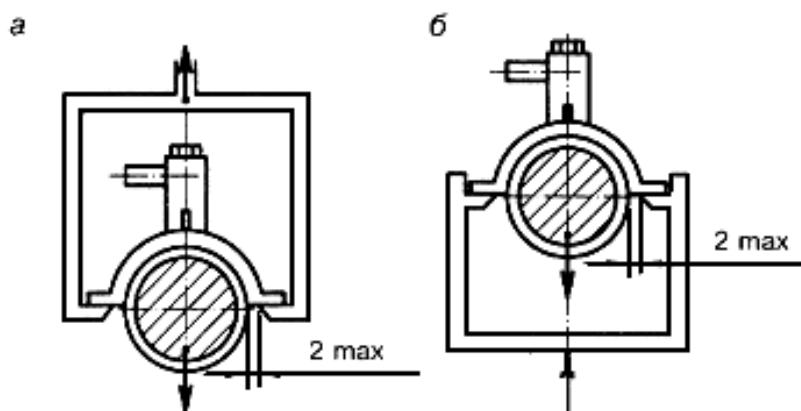


Рис.21- Схемы испытания седлового отвода на отрыв

а - отрыв при растяжении;

б - отрыв при сжатии

Внутрь полиэтиленового патрубка испытываемого образца для передачи усилия вводят металлический сердечник, наружный диаметр которого

определяется по таблице 22.

Нагружение испытываемого образца проводят со скоростью (100 ± 10) мм/мин до полного отрыва корпуса седелки от полиэтиленовой трубы или до деформации деталей узла соединения, вследствие чего испытательная нагрузка снижается до нуля.

Допускается проведение испытания со скоростью (20 ± 2) мм/мин.

Таблица 22

Диаметр трубы, мм	Диаметр сердечника, мм
63 <i>SDR</i> 11	49,5-0,1
75 <i>SDR</i> 17,6	64,7-0,2
75 <i>SDR</i> 11	59,3-0,2
90 <i>SDR</i> 17,6	77,7-0,2
90 <i>SDR</i> 11	70,7-0,2
110 <i>SDR</i> 17,6	95,5-0,2
110 <i>SDR</i> 11	87,5-0,2
125 <i>SDR</i> 17,6	108,7-0,2
125 <i>SDR</i> 11	99,3-0,2
140 <i>SDR</i> 17,6	121,9-0,2
140 <i>SDR</i> 11	111,5-0,2
160 <i>SDR</i> 17,6	139,0-0,2
160 <i>SDR</i> 11	127,0-0,2
180 <i>SDR</i> 17,6	156,4-0,2
180 <i>SDR</i> 11	143,0-0,2
200 <i>SDR</i> 17,6	174,0-0,2
200 <i>SDR</i> 11	159,0-0,2
225 <i>SDR</i> 17,6	196,0-0,2
225 <i>SDR</i> 11	179,0-0,2

3.6. Испытания стыковых соединений на статический изгиб

Испытания на статический изгиб выполняют на образцах-полосках, размеры которых приведены в таблице 23.

Таблица 23

Размер образца			Длина пролета между роликовыми опорами	Толщина траверсы
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 .

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 продолжают до достижения угла изгиба 160° .

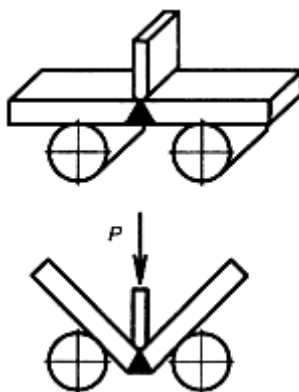


Рис.22 - Схема испытания на статический изгиб

Порядок выполнения работы

1.Контроль качества сварного соединения полученного сваркой нагретым инструментом встык

1. Провести визуально-измерительный контроль полученного сварного соединения.
2. Разметить сварные образцы по шаблону (и вырезать ножовкой, после чего обработать напильником и шабером.
3. Замерить сечение сварного обработанного образца с точностью до 0,1 мм .

4. Испытать подготовленные образцы на разрывной машине. Данные внести в табл.24.
5. По полученным результатам построить зависимость предела прочности при растяжении в функции от исследуемого параметра (температура, время, давление).

Таблица. 24

Результаты измерений

№ 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 ²	T, °C	Разогрев, сек	Давление, МПа							

2. Контроль качества сварного соединения полученного сваркой труб соединительными деталями с закладными нагревателями

1. Провести визуальный контроль полученного сварного соединения.
2. Разметить и разрезать сварное муфтовое соединение вдоль оси на испытательные образцы-сегменты
3. Испытать подготовленные образцы на прессе, со скоростью сближения плит (20±2) мм/мин..
4. Снять нагрузку, образец извлечь из пресса и визуально осмотреть, определяя наличие отрыва трубы от муфты или соединительной детали.
5. Штангенциркулем измерить длину части шва, не подвергнутой отрыву, и расстояние между крайними витками закладного нагревателя в зоне сварки в пределах одной трубы.
6. Рассчитать длину шва, не подвергнутой отрыву при сплющивании C_c , %, данные внести в табл. 25.

7. По полученным результатам построить зависимость C_c от параметров процесса сварки.

8. Испытания на отрыв седлового отвода провести на машине для испытания на сжатие типа ИП6010-100-1 с наибольшей предельной нагрузкой 100 кН.

9. Нагружение испытываемого образца проводить со скоростью (20 ± 2) мм/мин до полного отрыва корпуса седелки от полиэтиленовой трубы. В таблицу 25 занести разрушающую нагрузку и описать характер разрушения.

Результаты измерений

Таблица.25

№ пп.	Материал заготовок	Размеры заготовок до сварки			Режим сварки			Длина шва не подвергнутая отрыву, мм	Длина шва, мм	C_c , %	Разрушающая нагрузка, Н	Характер разрушения	Внешний вид сварного соединения Примечание
		Толщина, см	Средний диаметр, см	Площадь, см ²	T , °C	Разогрев, сек	Давление, МПа						

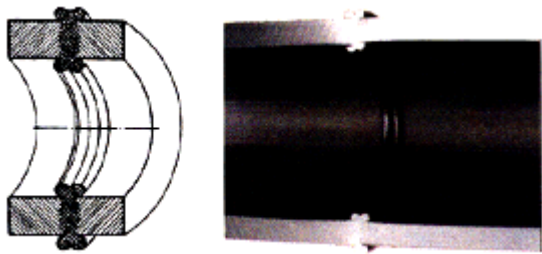
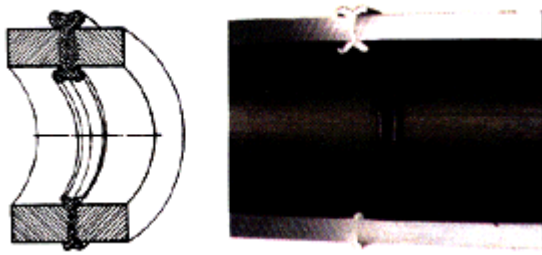
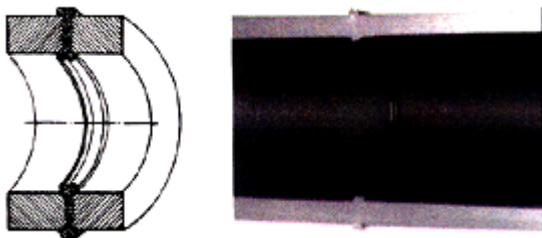
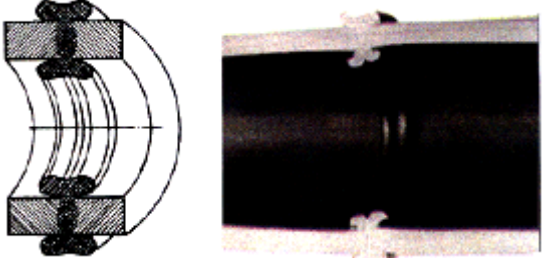
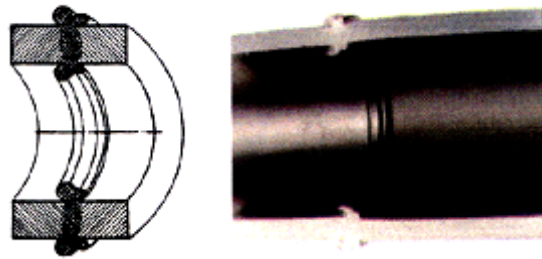
Вопросы для самопроверки:

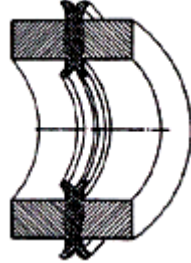
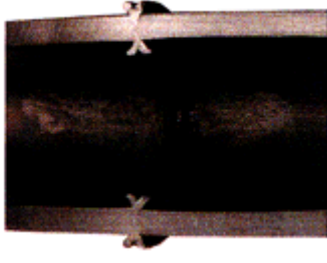
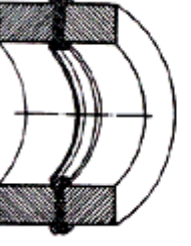
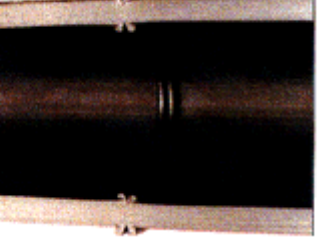
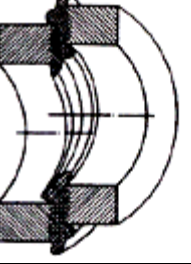
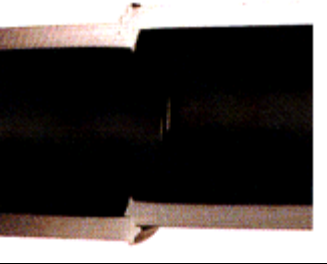


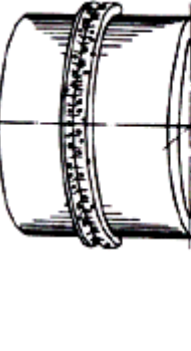
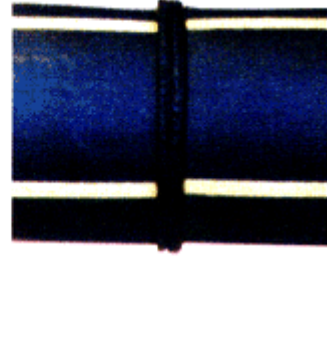
1. Что обозначает SDR?
2. Назовите обязательные методы контроля сварных соединений?
3. Назовите специальные виды контроля?
4. Назовите НТД контроля качества сварных соединений?
5. Назовите критерии оценки качества групп дефектов?
6. Дайте определение дефекта сварного соединения?
7. Какие дефекты бывают в сварном шве?
8. Основная причина образования пор?
9. Основная причина образования трещин?
10. Основные причины образования несплавления?
11. Основная причина образования непровара?
12. Основные причины образования швов неправильной формы?

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

14. Чем выявляют дефекты формы шва и его размеры?

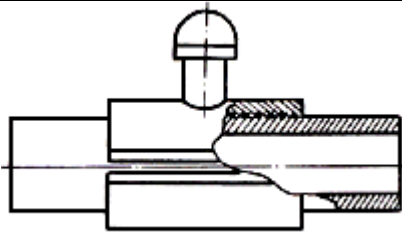
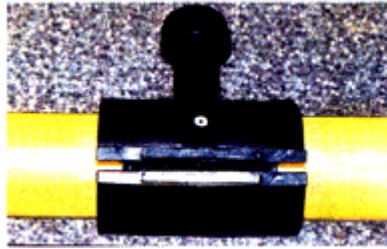
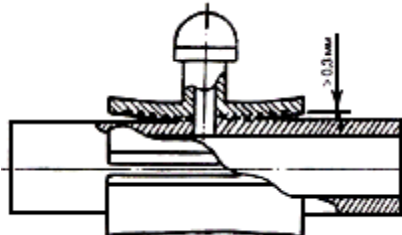

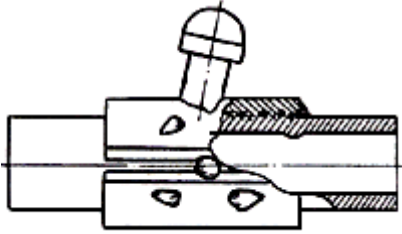

Оценка внешнего вида сварных стыков соединений

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 100	

<p>6. Брак. Высокий и узкий грат, как правило, не касающийся краями трубы</p>	<p>Высота валиков грата больше или равна его ширине</p>	<p>Чрезмерное давление при осадке стыка при пониженной температуре нагревателя</p>		
<p>7. Брак. Малый грат с глубокой впадиной между валиками</p>	<p>Устье впадины расположено ниже наружной и выше внутренней образующих труб</p>	<p>Низкая температура нагревателя при недостаточном времени прогрева</p>		
<p>8. Брак. Неравномерность (асимметричность) валиков грата</p>	<p>Различие по высоте валиков грата в одной плоскости более 40% с одновременным смещением образующих труб более 10% толщины стенки</p>	<p>Смещение труб относительно друг друга</p>		
<p>9. Брак. Неравномерное распределение грата по периметру шва</p>	<p>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</p>	<p>Смещение нагревателя в процессе прогрева</p>		
<p>10. Брак. Шов с многочисленными раковинами по всему периметру с концентрацией по краям грата с возможными следами поперечного растрескивания</p>	<p>Многочисленные раковины, расположенные вплотную друг к другу</p>	<p>Чрезмерная температура нагревателя, значение которой выше температуры деструкции данной марки полиэтилена</p>		

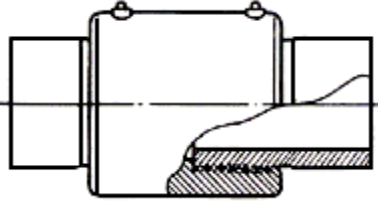

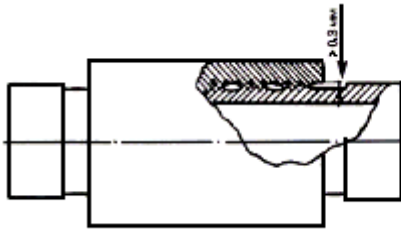

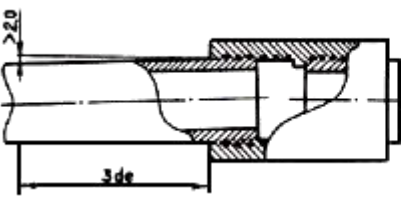

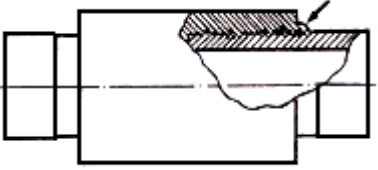

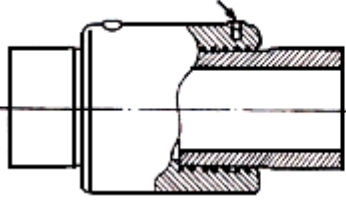

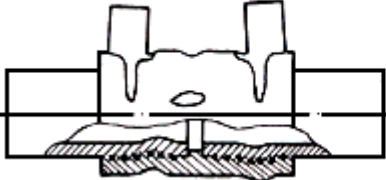

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 27

Оценка внешнего вида седловых отводов с закладными нагревателями			Графическое изображение и внешний вид соединения	
Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки		
1. Хорошее соединение, отвод плотно облегает поверхность трубы	Гладкая поверхность отвода без искривлений и зазоров	Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы		
2. Брак. Зазор между охватывающей частью седлового отвода и трубой	Более 0,3 мм	Чрезмерная обработка поверхности трубы или недостаточное усилие прижатия отвода		
3. Брак. Температурная деформация наружной поверхности отвода	Появление гофра на поверхности	Чрезмерное время нагрева или напряжение питания		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 28

Оценка внешнего вида седловых отводов с закладными нагревателями			Графическое изображение и внешний вид соединения	
Краткое описание	Критерии оценки	Соблюдение параметров сварки		
1. Хорошее соединение, деталь плотно охватывает концы свариваемых труб	Гладкая поверхность детали без видимых зазоров	Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы		
2. Брак. Зазор между охватывающей частью детали и трубой	Более 0,3 мм	Чрезмерная обработка поверхности трубы или эллипсность трубы		
3. Брак. Непараллельность (искривление осей трубы и детали)	Более 2,0 мм на длине $L = 3d_g$	Недостаточное заглубление концов труб внутрь детали или деформация соединения до его остывания		
4. Брак. Частичное появление расплава полиэтилена по торцам детали	Не допускается	Сдвиг трубы в процессе сварки или смещение спирали		
5. Брак. Индикаторы сварки в исходном положении	Не допускается	Недостаточное время сварки или недостаточное напряжение, подаваемое на спираль детали		
6. Брак. Местное расплавление поверхности детали	Не допускается	Чрезмерное время нагрева или напряжение питания		

Критерии оценки качества группы дефектов

(Извлечение из методики ультразвукового контроля качества сварных стыковых соединений полиэтиленовых газопроводов АО "ВНИИСТ")

Группа дефектов - ПРОТЯЖЕННЫЕ

Несплавления, цепочки и скопления пор, включений

Таблица 29

Критерии оценки качества	Условное обозначение труб <i>SDR 11</i>												
	∅ 63х 5,8	∅ 75х 6,8	∅ 90х 8,2	∅ 110х1 0	∅ 125х1 1,4	∅ 140х1 2,7	∅ 160х1 4,6	∅ 180х1 6,4	∅ 200х1 8,2	∅ 225х2 0,5	∅ 250х22 ,7	∅ 280х25 ,4	∅ 315х28 ,6
Максимально допустимая площадь, мм ²	0,78	1,09	1,58	2,37	3,05	3,08	5,0	5,56	6,82	8,68	13,36	16,75	21,22
Диаметр плоскодонного отверстия, мм	1,1	1,3	1,7	1,8	2,1	2,3	2,6	3,0	3,3	3,4	3,7	4,2	4,7
Условная протяженность дефекта, мм	10	10	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Допустимое количество дефектов на периметре стыка, мм	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	4	4	5

Таблица 30

Критерии оценки качества	Условное обозначение труб <i>SDR 17,6</i>											<i>SDR 9</i>	<i>SDR 7,4</i>		
	∅ 90х5, 1	∅ 110х6 ,3	∅ 125х7 ,1	∅ 140х8 ,0	∅ 160х9 ,1	∅ 180х 10,3	∅ 200х1 1,4	∅ 225х12 ,8	∅ 250х1 4,2	∅ 280х1 5,9	∅ 315х 17,9	∅ 180х 20,0	∅ 110х1 5,1	∅ 160х2 1,9	∅ 225х 30,8
Максимально допустимая площадь, мм ²	1,02	1,48	1,9	2,4	3,13	4,0	4,88	6,16	7,89	9,89	12,52	7,25	3,12	6,61	9,98
Диаметр плоскодонного отверстия, мм	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	3,3	2,2	3,2	4,6
Протяженность дефекта, мм	10	10	10	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30
Допустимое количество дефектов на периметре стыка, мм	5	6	6	4	4	4	5	4	4	4	5	3	2	3	4

Группа дефектов - ОДИНОЧНЫЕ
Поры, механические включения (примеси)

Таблица 31

Критерии оценки качества	Условное обозначение труб <i>SDR</i> 11												
	∅ 63x 5,8	∅ 75x 6,8	∅ 90x 8,2	∅ 110x10	∅ 125x11 ,4	∅ 140x12 ,7	∅ 160x 14,6	∅ 180x1 ,4	∅ 200x18 ,2	∅ 225x 20,5	∅ 250x 22,7	∅ 280x 25,4	∅ 315x28 ,6
Максимально допустимая площадь, мм ²	0,78	1,09	1,58	2,37	3,05	3,08	5,0	5,56	6,82	8,68	13,36	16,75	21,22
Диаметр плоскодонного отверстия, мм	1,1	1,3	1,7	1,8	2,1	2,3	2,6	3,0	3,3	3,4	3,7	4,2	4,7
Условная протяженность дефекта, мм	5	5	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15
Допустимое количество дефектов на периметре стыка, мм	6	6	5	6	6	5	5	6	7	7	8	9	10

Таблица 32

Критерии оценки качества	Условное обозначение труб <i>SDR</i> 17,6											<i>SDR</i> 9	<i>SDR</i> 7,4		
	∅ 90x 5,1	∅ 110x6 ,3	∅ 125x7 ,1	∅ 140x8 ,0	∅ 160x9 ,1	∅ 180x1 0,3	∅ 200x1 1,4	∅ 225x 12,8	∅ 250x1 4,2	∅ 280x1 5,9	∅ 315x 17,9	∅ 180x2 0,0	∅ 110x1 5,1	∅ 160x2 1,9	∅ 225x3 0,8
Максимально допустимая площадь, мм ²	1,02	1,48	1,9	2,4	3,13	4,0	4,88	6,16	7,89	9,89	12,52	7,25	3,12	6,61	9,98
Диаметр плоскодонного отверстия, мм	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	3,3	2,2	3,2	4,6
Протяженность дефекта, мм	5	5	5	5	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15	15
Допустимое количество дефектов на периметре стыка, мм	9	10	10	10	8	9	10	8	8	9	10	6	4	5	8

Примечания:

1. Максимально допустимая площадь определяется по формуле $0,00075 S\Pi / K$; диаметр плоскодонного отверстия в СОП определяется из выражения $2 / K \sqrt{0,00075 S D}$, где S - толщина стенки трубы, мм; D - диаметр трубы, мм; Π - периметр трубы, мм; K - поправочный коэффициент: для *SDR* 17,6 $K=1,0$; для *SDR* 11

$$K = 0,9 \text{ при } S < 10,0; K = 1,0 \text{ при } 10,0 < S < 20,0; K = 1,3 \text{ при } S > 20,0.$$

2. Следует различать два понятия: условная протяженность дефекта $L_{\text{уп}}$ и длина дефекта L . Условная протяженность дефекта является амплитудно-временной характеристикой ультразвукового контроля и прямо пропорциональна длине дефекта: $L = L_{\text{уп}} K$. Условная протяженность дефекта измеряется по длине дефектной зоны между крайними положениями УЗ-преобразователя, при которых амплитуда эхо-сигнала достигает поискового уровня чувствительности.

1. Тестовые задания по теоретической части

1. Пластические массы - это

- 1.искусственные материалы на основе полимеров, которые при соответствующих условиях могут подвергаться пластической деформации для получения изделий с определенными техническими свойствами.
- 2.конструкционные материалы на основе ситаллов.
- 3.конструкционные материалы, основным компонентом которых является пластификатор.

2. По составу пластмассы подразделяют --

- 1.на следующие группы: неорганические, органические и мономерные.
- 2.на однокомпонентные, состоящие из одного полимера, и многокомпонентные (композиционные), которые кроме полимера содержат и другие вещества.
3. на мономерные, олигомерные и полимерные.

3. Наполнитель в пластических массах -

1. выполняет роль связующего.
2. выполняет роль отвердителя.
3. определяет механические характеристики пластических масс.

4. По отношению к нагреванию пластмассы подразделяют -

1. как и полимеры на термопластичные и термореактивные.
2. на термореактивные и термостабильные.
3. на теплостойкие и термостойкие.

5. Зависимость деформации полимеров от температуры - это

1. диаграмма растяжения полимеров.
2. термомеханическая кривая.
3. зависимость разрушающего напряжения при изгибе.

6. Полимеры по строению макромолекул делятся:

1. на простые и сложные.
2. на линейные, разветвленные и пространственные.
3. на линейные и элементоорганические.

7. Продолжите предложение « Реакция полимеризации

1. называется реакция разложения высокомолекулярных соединений.
2. воздействие высоких температур на высокомолекулярные соединения
3. называется реакция получения полимеров, при которой мономеры взаимодействуют друг с другом, образуя полимеры без выделения побочных продуктов.

8. Изменяется ли структура термопластичных полимеров при нагревании их до температуры текучести ?

1. Да. Они переходят в термостабильное состояние.
2. Они переходят из линейной структуры в сетчатую.
3. При нагревании термопластичных полимеров до температуры текучести их структура не изменяется.

9. На чем основано образование сварного соединения полиэтиленовых труб?

1. Взаимодиффузии макромолекул на соединяемых поверхностях
2. Изменении химического состава соединяемых поверхностей

3. **Электромагнитном взаимодействии**

10. Экструзионная сварка заключается в том, что:

1. Расплавленный материал, выходящий из экструдера, нагревает поверхности до температуры сварки и сплавляется с ней
2. Экструдированной присадка распыляется
3. Экструдированная присадка склеивает соединяемые поверхности

11. Сварка трением основана на:

1. Превращении энергии звуковых колебаний в тепловую энергию
2. Введении третьего компонента
3. Превращении механической энергии трения свариваемых поверхностей в тепловую энергию

12. Раструбная сварка пластмассовых труб относится к сварке:

1. Нагретым газом
2. Нагретым инструментом
3. Экструзионной

13. Полиэтиленовые трубы, как правило, сваривают:

1. ТВЧ, лазером
2. Химическим способом
3. Нагретым инструментом, экструзией, трением

14. Соединительные детали из полиэтилена для трубопроводов, как правило, сваривают:

1. Нагретым инструментом, трением
2. ТВЧ, излучением, экструзией
3. Химическим способом

Тестовые задания по лабораторной работе №1

1. К чему приводит перегрев нагревателя при сварке встык?

1. Деструкции полимера
2. Улучшению качества сварного соединения
3. Отверждению полимера

2. Что способствует деструкции полимера при сварке встык?

1. Превышение значений давления и технологической паузы
2. Превышение значений давления и времени торцевания
3. Превышение заданной температуры нагревателя и времени нагрева

3. Технологическая пауза при сварке встык, это:

1. Время между выходом первичного грата и соединением свариваемых поверхностей
2. Время между окончанием нагрева и соединением свариваемых поверхностей
3. Время между соединением свариваемых поверхностей и охлаждением стыка

4. Почему технологическая пауза при сварке встык должна быть минимальной?

1. Из - за охлаждения вследствие контакта с воздухом
2. Из - за возможной деформации деталей
3. Из - за возможного контакта с инородными телами

5. Каков порядок проведения операций при сварке встык?

1. Установить между торцами нагреватель, замерить давление холостого хода, провести оплавление
2. Замерить давление холостого хода, установить между торцами нагреватель, провести оплавление
3. Установить между торцами нагреватель, провести оплавление

6. В зависимости от чего выбирают температуру рабочей поверхности нагретого инструмента?

1. В зависимости от материала свариваемых труб и температуры окружающего воздуха.
2. В зависимости от диаметра полиэтиленовой трубы и типа сварочной машины
3. В зависимости от SDR труб и температуры окружающего воздуха

7. Чем нагревают зеркало нагревательного инструмента при сварке встык?

1. Электрическим током или газовой горелкой
2. Токами высокой частоты
3. В электрической муфельной печи

8. Что называют гратом?

1. Это материал, снимаемый при торцевании
2. Это материал, вытесненный из шва при сварке встык
3. Это материал, оставшийся на нагревательном элементе

9. Чем определяются требования к режимам сварки встык?

1. Техническими условиями на свариваемые трубы
2. Нормативными документами по строительству

10. В чем заключается сварка встык?

1. В сильном сдавливании торцов полимерных труб с одновременным нагревом

2. В нагреве торцов полимерных труб или деталей до вязко-текучего состояния при контакте с нагревателем и соединении под давлением после удаления нагревателя
3. В обжатию нагревателями полимерных труб до вязко-текучего состояния с последующим охлаждением

11. Не более какого значения может составлять отклонение по величине температуры нагретого инструмента при сварке труб НИ?

1. Не более плюс/минус 10 градусов Цельсия
2. Не более плюс/минус 5 градусов Цельсия
3. Не более плюс/минус 20 градусов Цельсия

12. От каких факторов зависит температура рабочей поверхности нагревательного инструмента при сварке встык?

1. От типа полиэтилена и температуры окружающего воздуха
2. От типа полиэтилена и диаметра труб
3. От температуры окружающего воздуха и толщины стенки труб

13. Какова должна быть высота наружного и внутреннего гратов (валиков) после сварки встык нагревательным инструментом при толщине стенки трубы до 5 мм?

1. Не более 2 - 2,5 мм
2. Не более 3 - 3,5 мм
3. Не более 3-5 мм

13. Какова должна быть высота наружного и внутреннего гратов (валиков) после сварки встык нагревательным инструментом при толщине стенки трубы 6 - 20мм?

1. Не более 2 - 2,5 мм
2. Не более 3-3,5 мм
3. Не более 3-5 мм

15. Чем покрывается нагревательный инструмент для сварки труб встык?

1. Маслом
2. Смачивается ацетоном
3. Покрывается антиадгезионным слоем

Тестовые задания по лабораторной работе №2

1. Процесс сварки полиэтиленовых труб деталями с закладным нагревателем заключается в:

1. Воздействию на трубы тока высокой частоты
2. Торцевом сдавливании труб

3. Нагреве поверхности труб и внутренней поверхности деталей током, проходящим по металлическому проводнику

2. Сколько основных технологических параметров сварки ЗН Вы знаете?

1. Пять: глубина посадки детали, зазор между трубой и деталью, толщина снимаемой стружки, время сварки и время охлаждения

2. Четыре: глубина посадки детали, время нагрева и охлаждения, температура окружающего воздуха

3. Три: параметры нагрева (включающее напряжение и время сварки) и время охлаждения

3. Допускается ли при сварке труб деталями с ЗН не производить механическую обработку полиэтиленовых труб перед их сваркой?

1. Допускается, если вместо механической обработки используется протирка труб обезжиривающей жидкостью

2. Допускается, если наружный диаметр свариваемых труб совпадает с присоединительным диаметром детали

4. Из каких операций состоит подготовка концов труб к сварке при использовании соединительных деталей с ЗН?

1. Очистка концов труб от загрязнений, механическая обработка свариваемых поверхностей, обработка и обезжиривание труб

2. Очистка концов труб от загрязнений, циклевка свариваемых поверхностей и разметка

3. Очистка концов труб от загрязнений, обезжиривание, разметка и торцевание свариваемых поверхностей

5. В какой последовательности производится сборка сварного соединения при использовании соединительных деталей с ЗН?

1. Установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах позиционера с одновременной посадкой детали с ЗН, подключение детали с ЗН к сварочному аппарату

2. Установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах позиционера, посадка детали с ЗН на свариваемые трубы, подключение детали с ЗН к сварочному аппарату

3. Установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах позиционера, подключение детали с ЗН к сварочному аппарату, посадка детали с ЗН на свариваемые трубы

6. Допускается ли косой срез торца трубы при сборке труб с соединительной деталью с ЗН?

1. Допускается косой срез торцов труб, не превышающий определенных величин, зависящих от диаметра свариваемых труб

2. Допускается без ограничений величин среза

3. Не допускается

7. На какую длину, как правило, очищаются концы труб от загрязнений при сварке деталями с ЗН?

1. На длину не менее 1,5 длины раструбной части детали
2. На длину раструбной части детали
3. На половину длины раструбной части детали

8. На какую длину производят механическую обработку (циклевку) концов труб, свариваемых способом ЗН?

1. На длину не менее 0,5 длины используемой детали
2. На длину не менее одной длины используемой детали
3. На 5 см

9. Поверхностный слой какой толщины снимается с поверхности концов свариваемых труб при их механической обработке в случае использования сварки деталями с ЗН?

1. 0,1 - 0,2 мм
2. Не менее 0,3 - 0,4 мм
3. Не менее 0,5 мм

10. В какой момент следует наносить метки глубины посадки соединительной детали с ЗН?

1. После механической обработки труб
2. До механической обработки труб
3. После подключения детали к сварочному аппарату

11. На какую длину наносят метки посадки детали с ЗН на концы свариваемых труб?

1. На половину длины детали
2. На длину детали
3. С запасом в 25% к длине детали

12. Подвергаются ли механической обработке детали с ЗН перед их сваркой?

1. Подвергаются механической обработке
2. Не подвергаются
3. Подвергаются только муфты диаметром более 63 мм

13. Когда производят механическую обработку (циклевку) и протирку труб при их сварке деталями с ЗН?

1. Непосредственно перед сборкой и сваркой
2. За 20-30 мин до сборки соединения
3. После сборки, перед сваркой

14. Какие поверхности подлежат обезжириванию при сварке труб деталями с ЗН?

1. Свариваемые поверхности труб и соединительных деталей

2. Наружные и внутренние поверхности труб
3. Соединительные детали

15.Что следует делать при сварке деталями с ЗН, если концы свариваемых труб имеют овальность больше 1,5 % наружного диаметра трубы или больше 1,5 мм?

1. Более тщательно проводить центровку труб
2. Применять инвентарные калибрующие зажимы или специальные приспособления для устранения овальности
3. Проворачивать одну из труб, пока она не совпадет по диаметру с другой

16.В зависимости от чего устанавливают параметры сварки труб при сварке труб соединительными деталями с ЗН?

1. От вида и сортамента используемых соединительных деталей в соответствии с указаниями заводов изготовителей в паспортах изделий
2. От типа полиэтиленовых труб
3. От диаметра и толщины стенки соединительных деталей

17.Каким должно быть расположение индикаторов сварки соединительных деталей с ЗН после процесса сварки?

1. Должны находиться в выдвинутом положении
2. Должны находиться в утопленном положении
3. Должны находиться на одном уровне с наружной поверхностью детали

18. За счет каких факторов может появиться дефект в виде зазора между охватывающей частью соединительной детали с ЗН и трубой в сварном соединении?

1. За счет чрезмерной обработки поверхности трубы
2. За счет недостаточного времени сварки
3. За счет недостаточного напряжения, подаваемого на спираль детали

19.За счет каких факторов может появиться дефект в виде температурной деформации наружной поверхности соединительной детали с ЗН?

1. За счет чрезмерного времени прогрева или напряжения питания
2. За счет чрезмерной обработки поверхности трубы
3. За счет недостаточного усилия прижатия отвода

20.За счет каких факторов может появиться дефект в виде непараллельности (искривления осей трубы и муфты) в сварном соединении при сварке деталями с ЗН?

1. За счет недостаточного усилия прижатия муфты
2. За счет недостаточного заглубления концов труб внутрь муфты или деформация соединения до его остывания
3. За счет недостаточного напряжения, подаваемого на спираль муфты

Тестовые задания по лабораторной работе №3

1. Какие трубы и соединительные детали допускается сваривать в раструб?

- 1.Диаметром до 110 мм
- 2.Стенкой любой толщины
- 3.Диаметром до 60 мм с толщиной стенки не менее 4 мм
- 4.Варианты 1, 2

2. Какая допускается максимальная величина несовпадения кромок (смещение) при сварке встык нагревательным инструментом?

- 1.Не более 25%
- 2.Не более 15%
- 3.Не более 10%

3. При сварке в раструб, каков должен быть внутренний диаметр раструба?

- 1.Должен быть меньше номинального диаметра свариваемой трубы в пределах допуска
- 2.Больше номинального диаметра трубы в пределах допуска
- 3.Совпадать с номинальным диаметром трубы в пределах допуска

4. Какая дополнительная операция должна проводиться при раструбной сварке труб?

- 1.Концы труб должны иметь наружную фаску под углом 45° на $1/3$ толщины стенки трубы
- 2.Концы труб должны иметь наружную фаску под углом 35° на $1/2$ толщины стенки трубы
- 3.Концы труб должны иметь наружную фаску под углом 25° на $1/3$ толщины стенки трубы

5. На какую глубину производится циклёвка трубы?

- 1.0,1 -0,2мм
- 2.0,2 -0,3 мм
- 3.0,3 -0,4 мм

Тестовые задания по лабораторной работе №4

1. Чем измеряют размеры грата сварного шва?

- 1.Штангенциркулем
- 2.Лепестковым шупом
- 3.Линейкой

2. Чем измеряют зазор между обработанными торцами труб перед сваркой?

1. Линейкой
2. Лепестковым шупом
3. Штангенциркулем

3. Дефекты в сварном шве подразделяются на:

1. Внешние и внутренние
2. Краевые и боковые
3. Местные и общие

4. Основная причина образования пор, это:

1. Наличие сквозняков и ветра
2. Наличие воздуха между свариваемыми поверхностями
3. Длительный контакт с воздухом оплавленных поверхностей перед осадкой

5. Основные причины образования несплавления, это:

1. Превышение допустимых зазоров, неплотный контакт сплавляемых поверхностей
2. Превышение технологической паузы, недостаточное давление осадки
3. Оба варианта верны

6. Основная причина образования трещин, это:

1. Низкая квалификация сварщика
2. Неравномерность и повышенная скорость охлаждения сварного шва, вызывающие повышенный уровень усадочных напряжений
3. Низкое давление и недостаточная длительность осадки

7. Дефектами сварных соединений называют:

1. Структурные микро- и макро- неоднородности, возникающие в сварном шве вследствие нарушений технологии подготовки свариваемых конструкций, их сборки и сварки
2. Отклонения от требований конструкторской документации
3. Нормированные отклонения, указанные в нормативно-технической документации

8. Какие бывают трещины по расположению и внешнему виду?

1. Внутренние; продольные, сквозные, глухие
2. Наружные; кратерные, продольные, поперечные
3. Наружные и внутренние, продольные, поперечные, разветвленные, радиальные и кратерные

9. Контроль качества готовых сварных соединений заключается в проверке:

1. Формы, размеров, сплошности шва и свойств материала шва
2. Формы и размеров шва

3. Свойств материала в различных зонах

10. К чему приводит превышение установленной температуры нагретого инструмента при сварке полиэтиленовых труб встык?

1. К расплавлению полиэтилена
2. К деструкции полиэтилена
3. К переходу пластмассы в стеклообразное состояние

11. Каково допустимое значение симметричности валиков сварного шва при сварке полиэтиленовых труб сваркой НИ?

1. 0,3-0,7 в любой точке шва
2. 0,2-0,8 в любой точке шва
3. Значение не регламентируется

12. Каков допустимый угол излома продольной оси труб в стыке при сварке труб НИ?

1. Не более 20 градусов
2. Не более 15 градусов
3. Не более 5 градусов

13. Какова максимально допустимая величина смещения наружных кромок соединенных сваркой НИ труб в сварном шве?

1. 10% от толщины стенки трубы
2. 15 % от толщины стенки трубы
3. Данная величина не регламентируется

14. Какова причина образования шва НИ с несимметричными валиками грата одинаковой высоты в одной плоскости, но различной в противоположных точках шва?

1. Смещение нагревателя в процессе нагрева
2. Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой
3. Смещение труб относительно друг друга

15. Какова причина образования высокого и узкого грата, не касающегося краями трубы при сварке НИ?

1. Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой
2. Чрезмерное давление при осадке стыка при пониженной температуре нагревателя
3. Превышение величины технологической паузы

16. Какова причина образования асимметричного сварного шва (различие по высоте с одновременным смещением) при сварке НИ?

1. Смещение труб относительно друг друга
2. Превышение технологической паузы
3. Превышение допустимого зазора между торцами труб перед сваркой

17. Какие виды дефектов стыковых соединений, выполненных сваркой НИ, определяются по результатам ультразвукового контроля?

1. Одиночные, протяженные
2. Краевые, боковые
3. Внутренние и внешние

18. Для какого способа сварки производится внешний осмотр сварных соединений из полиэтиленовых труб?

1. Для способа сварки нагретым инструментом встык
2. Для способа сварки соединительными деталями с ЗН
3. Для обоих способов сварки

19. Для какого способа сварки производится испытание на растяжение образцов сварных соединений из полиэтиленовых труб?

1. Для способа сварки нагретым инструментом встык
2. Для способа сварки соединительными деталями с ЗН
3. Для обоих способов сварки

20. Для какого способа сварки производится испытание на сплющивание допускных сварных соединений из полиэтиленовых труб?

1. Для способа сварки нагретым инструментом встык
2. Для способа сварки соединительными деталями муфтового типа с ЗН
3. Для обоих способов сварки

**Карта типового технологического процесса
сварки стыкового сварного соединения
полиэтиленовых труб**

Характеристики процесса

№	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	[1]
2	Способ сварки	[2]
3	Основной материал (марки)	[3]
4	Основной материал (группа)	M61(PE)
5	Степень механизации сварочного оборудования	Стыковая сварка с ручным управлением (СР)
6	Толщина свариваемых деталей	10 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	110 мм
8	Тип шва	СШ(BW)
9	Тип соединения	Стыковое (С)
10	Вид соединения	Соединение труб в стык без разделки кромок (СБ)
11	Форма подготовки кромок	
12	Положение при сварке	Горизонтальное (ось трубы)
13	Дополнительные параметры	

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
	 <p>g - высота грата, [5] e - ширина грата, [6] c - превышение впадины между валиками грата и поверхностью трубы</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установка, соосная центровка и закрепление труб. 2. Механическая обработка торцов. 3. Очистка от загрязнений свариваемых кромок. 4. Проверка центровки и отсутствия зазоров. 5. Установка НИ. 6. Оплавление. 7. Нагрев торцов. 8. Удаление НИ. 9. Осадка стыка. 10. Охлаждение стыка. 11. Постановка клейма. 12. ВИК стыка.

Сварочное оборудование (тип): Установка передвижная для сварки полиэтиленовых труб Georg Fischer «KL 250»;

Метод подготовки и очистки: [7]

Параметры технологического режима стыковой сварки нагретым инструментом труб из полиэтилена со стандартным размерным отношением номинального наружного диаметра к номинальной толщине стенки [8]

Технологический параметр	Значение*
1. Температура нагревателя (T_n), °С - теплогенератор электрический с непрерывным автоматическим поддержанием заданной температуры, с [9] покрытием	210 ±10
2. Давление при оплавлении ($P_{опл}$), МПа	0,15+0,05
3. Время при оплавлении в зависимости от типа свариваемых труб. До появления грата. мм.	2-3
4. Давление при прогреве ($P_{пр}$), МПа	0,01-0,02
5. Время при прогреве ($t_{пр}$), с, в зависимости от типа свариваемых труб и температуры окружающего воздуха	от 0 до +20°С 85-140
6. Время технологической паузы (t_n), сек, не более	4-8
7. Давление при осадке ($P_{ос}$), МПа	0,15+0,05
8. Время при охлаждении ($t_{охл}$), мин, не менее, в зависимости от температуры окружающего воздуха	от 0 до +20°С 7-8

* Значения параметров должны быть скорректированы в зависимости от []температуры окружающего воздуха.

Технологические требования к сборке и сварке

Технологический процесс соединения труб и деталей встык включает:

-Подготовку труб к сварке (очистка, сборка, [10], торцов, проверка совпадения торцов и зазора в стыке)

-Сварку стыка (нагрев торцов, оплавление, удаление нагретого инструмента, осадка стыка, охлаждение соединения)

-Перед сборкой и сваркой труб необходимо тщательно очистить их от грязи, снега, льда, камней, и других посторонних предметов, а соединяемые концы - от всех загрязнений на расстояние не менее [11] от торцов. Очистку производить сухими или увлажненными кусками мягкой ткани из растительных волокон с дальнейшей протиркой и просушкой. Загрязнения смазкой, маслом или какими-либо другими жирами обезжиривают с помощью спирта, ацетона или специальных обезжиривающих составов. Не производить обезжиривание и очистку [12].

-Сборку свариваемых труб, включающую установку, соосную центровку и закрепление свариваемых концов производить в зажимах центратора сварочной машины.

-Максимальная величина смещения наружных кромок не должна превышать [13] 10% толщины стенок труб.

-Вылет концов труб из зажимов центраторов обычно составляет [14] 15-20 мм, а привариваемых деталей - [15] не менее 5-15мм.

-Торцевать кромки свариваемых труб непосредственно в [16].

После механической обработки загрязнение поверхности торцов не допускается.

-Удаление стружки из полости трубы производить с помощью [17], а снятие заусенцев с острых кромок торца - с помощью ножа.

-После обработки еще раз проверить центровку и отсутствие зазоров в стыке. Зазор не должен превышать 0,5мм

-Оплавление торцов необходимо выполнять при давлении 0,2±0,02МПа в течении времени достаточного для образования по всему периметру контактирующих с нагревателем торцов труб валиков расплавленного материала высотой не менее 1,5мм

-Продолжительность технологической паузы, необходимой для удаления нагретого инструмента должна быть не более [18] 4с.

-Осадку стыка производить при давлении 0,2±0,02МПа. Осадку необходимо

осуществлять плавным увеличением давления до заданного уровня.

-Клеймить стык на горячем расплаве графа через 20-40 сек. после окончания операции осадки.

Требования к контролю качества КСС

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля (% , кол-во образцов
ВИК	РД 03-606-03	СП 42-103-2003	100%
[19]	ГОСТ 14782-86	СП 42-103-2003	100%
Мех. испытания	ГОСТ 11262	ГОСТ 11262 СП 42-103-2003	[20].

Билет № 1. Диаметр трубы 110 мм, толщина стенки 10 мм.

[1] 1. СП 42-103-2003 2. СП 42-102-2004 3. СНиП 42-01-2002 4. РД 03-606-03 5. РД 03-605-03	[2] 1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. Нагретым инстр-м 4. С закладн. нагрев-ми 5. Раструбная	[3] 1. ПЭ 63 2. ПЭ 100 3. ПЭ 80 4. ПЭ 120 5. ПЭ 150	[4] 1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,5$ 3. $\leq 0,8$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5] 1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	[6] 1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 5,5-7,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	[7] 1 Мех-я обработка 2. Огневая обработка 3. Хим-я обработка 4. Огневая с мех-ой 5. Сначала мех-я затем хим-я	[8] 1. SDR 21 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 17,6
[9] 1. Адгезионным 2. Антикогезионным 3. Антиадгезионным 4. Когезионным 5. Противопригарным	[10] 1. Очистка 2. Протирка 3. Обезжиривание 4. Стягивание труб 5. Центровка	[11] 1. 10 мм 2. 100 мм 3. 50 мм 4. 25 мм 5. 60 мм	[12] 1. Белыми тканями 2. Сухими тканями 3. Влажными тканями 4. Белыми и сухими тканями 5. цветными и синтетическими тканями
[13] 1. 2% 2. 5% 3. 8% 4. 10% 5. 15%	[14] 1. 15-20 мм 2. 10-20 мм 3. 15-25 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	[15] 1. Не менее 15-20мм 2. Не более 15-20мм 3. Не менее 5-15мм 4. Не более 5-15мм 5. Не менее 10-20мм	[16] 1.Приспособлении 2. Сварочной машине 3. Зажимах 4. Кондукторе 5. Траншее
[17] 1. Совка 2. Крючка 3. Ветоши 4. Кисти 5. Метёлки	[18] 1. 2 с 2. 3 с 3. 4 с 4. 5 с 5. 6 с	[19] 1. МПД 2. ПК 3. РГК 4. Акустический 5. УЗК	[20] 1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 3 образцов 4. Не менее 4 образцов 5. Не менее 5 образцов

Билет № 2. Диаметр трубы 110 мм, толщина стенки 6,3 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СНиП 42-01-2002 2. СП 42-102-2004 3. СП 42-103-2003 4. РД 03-606-03 5. РД 03-605-03	1. Нагретым газом 2. Нагретым инстр-м 3. Экструзионная 4. С закладн. нагрев-ми 5. Раструбная	1. ПЭ 63 2. ПЭ 100 3. ПЭ 80 4. ПЭ 120 5. ПЭ 150	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,5$ 3. $\leq 0,8$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 5,5-7,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	1. Огневая обработка 2. Огневая с мех-ой 3. Хим-я обработка 4. Мех-я обработка 5. Сначала мех-я затем хим-я	1. SDR 21 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 17,6
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Антиадгезионным 3. Когезионным 4. Антикогезионным 5. Противопригарным	1. Очистка 2. Протирка 3. Обезжиривание 4. Центровка 5. Стягивание труб	1. 10 мм 2. 100 мм 3. 60 мм 4. 50 мм 5. 25 мм	1. Белыми тканями 2. Сухими тканями 3. Цветными и синтетическими тканями 4. Белыми и сухими тканями 5. Влажными тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 15% 2. 8% 3. 2% 4. 5% 5. 10%	1. 10-20 мм 2. 25-30 мм 3. 15-25 мм 4. 10-25 мм 5. 15-20 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не более 15-20мм 3. Не более 5-15мм 4. Не менее 5-15мм 5. Не менее 10-20мм	1. Приспособлении 2. Кондукторе 3. Зажимах 4. Траншее 5. Сварочной машине
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Совка 2. Крючка 3. Кисти 4. Ветоши 5. Метёлки	1. 2 с 2. 4 с 3. 5 с 4. 6 с 5. 3 с	1. МПД 2. УЗК 3. РГК 4. Акустический 5. ПК	1. Не менее 5 образцов 2. Не менее 4 образцов 3. Не менее 3 образцов 4. Не менее 2 образцов 5. Не менее 1 образца

Билет № 3. Диаметр трубы 63 мм, толщина стенки 5,8 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 42-102-2004 2. СП 42-103-2003 3. СНиП 42-01-2002 4. РД 03-606-03 5. РД 03-605-03	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. С закладн. нагрев-ми 4. Нагретым инстр-м 5. Раструбная	1. ПЭ 100 2. ПЭ 63 3. ПЭ 80 4. ПЭ 120 5. ПЭ 150	1. $\leq 1,2$ 2. $\leq 1,0$ 3. $\leq 0,8$ 4. $\leq 0,5$ 5. $\leq 0,3$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 1,5-3,0	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 5,5-7,5 4. 4,0-6,0 5. 6,0-8,5	1 Огневая с мех-ой 2. Огневая обработка 3. Хим-я обработка 4. Сначала мех-я затем хим-я	1. SDR 21 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 17,6

		5. Мех-я обработка	
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Когезионным 2. Антикогезионным 3. Адгезионным 4. Антиадгезионным 5. Противопригарным	1. Центровка 2. Протирка 3. Обезжиривание 4. Стягивание труб 5. Очистка	1. 50 мм 2. 100 мм 3. 10 мм 4. 25 мм 5. 60 мм	1. Белыми тканями 2. Сухими тканями 3. Цветными и синтетическими тканями 4. Влажными тканями 5. Белыми и сухими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 2% 2. 10% 3. 8% 4. 5% 5. 15%	1. 15-25 мм 2. 10-20 мм 3. 15-20 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 10-20мм 2. Не менее 5-15мм 3. Не более 5-15мм 4. Не менее 15-20мм 5. Не более 15-20мм	1. Сварочной машине 2. Зажимах 3. Кондукторе 4. Траншее 5. Приспособлении
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Совка 2. Кисти 3. Ветоши 4. Крючка 5. Метёлки	1. 6 с 2. 4 с 3. 3 с 4. 2 с 5. 5 с	1. МПД 2. ПК 3. УЗК 4. Акустический 5. РГК	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 5 образцов 4. Не менее 4 образцов 5. Не менее 3 образцов

Билет № 4. Диаметр трубы 160 мм, толщина стенки 14,6 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 42-101-2002 2. СП 42-102-2004 3. СНиП 42-01-2002 4. РД 03-606-03 5. СП 42-103-2003	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. Нагретым инстр-м 4. С закладн. нагрев-ми 5. Раструбная	1. ПЭ 63 2. ПЭ 100 3. ПЭ 120 4. ПЭ 80 5. ПЭ 150	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,5$ 3. $\leq 0,8$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 5,5-7,5 4. 10,0-15,0 5. 6,0-8,5	1. Огневая с мех-ой 2. Мех-я обработка 3. Хим-я обработка 4. Огневая обработка 5. Сначала мех-я затем хим-я	1. SDR 21 2. SDR 11 3. SDR 13,6 4. SDR 9 5. SDR 17,6
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Антикогезионным 3. Антиадгезионным 4. Когезионным 5. Противопригарным	1. Очистка 2. Протирка 3. Центровка 4. Стягивание труб 5. Обезжиривание	1. 50 мм 2. 100 мм 3. 10 мм 4. 25 мм 5. 60 мм	1. Цветными и синтетическими тканями 2. Сухими тканями 3. Влажными тканями 4. Белыми и сухими тканями 5. Белыми тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 2% 2. 5% 3. 8% 4. 15% 5. 10%	1. 25-30 мм 2. 10-20 мм 3. 15-25 мм 4. 10-25 мм 5. 15-20 мм	1. Не менее 10-20мм 2. Не менее 15-20мм 3. Не более 15-20мм 4. Не менее 5-15мм 5. Не более 5-15мм	1. В приспособлении 2. Кондукторе 3. Сварочной машине 4. Траншее 5. Зажимах

[17]	[18]	[19]	[20]
1. Кисти 2. Крючка 3. Ветоши 4. Совка 5. Метёлки	1. 2 с 2. 3 с 3. 4 с 4. 5 с 5. 6 с	1. ПК 2. УЗК 3. РГК 4. Акустический 5. МПД	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 5 образцов 4. Не менее 4 образцов 5. Не менее 3 образцов

Билет № 5. Диаметр трубы 160 мм, толщина стенки 9,1 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 53-101-2003 2. СП 42-102-2004 3. СНиП 42-01-2002 4. СП 42-101-2002 5. СП 42-103-2003	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. С закладн. нагрев-ми 4. Раструбная 5. Нагретым инстр-м	1. ПЭ 63 2. ПЭ 100 3. ПЭ 150 4. ПЭ 120 5. ПЭ 80	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,8$ 3. $\leq 0,5$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 6,0-9,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	1. Мех-я обработка 2. Огневая обработка 3. Сначала механ-я затем химич-я 4. Хим-я обработка 5. Огневая с мех-ой	1. SDR 17,6 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 21
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Антикогезионным 3. Противопригарным 4. Когезионным 5. Антиадгезионным	1. Очистка 2. Центровка 3. Обезжиривание 4. Стягивание труб 5. Протирка	1. 10 мм 2. 100 мм 3. 25 мм 4. 50 мм 5. 60 мм	1. Белыми тканями 2. Сухими тканями 3. Цветными и синтетическими тканями 4. Влажными тканями 5. Белыми и сухими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 10% 2. 8% 3. 5% 4. 2% 5. 15%	1. 15-25 мм 2. 10-20 мм 3. 15-20 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не более 15-20мм 3. Не менее 10-20мм 4. Не более 5-15мм 5. Не менее 5-15мм	1. В приспособлении 2. Зажимах 3. Траншее 4. Сварочной машине 5. Кондукторе
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Кисти 2. Крючка 3. Ветоши 4. Совка 5. Метёлки	1. 6 с 2. 5 с 3. 4 с 4. 3 с 5. 2 с	1. МПД 2. ПК 3. РГК 4. УЗК 5. Акустический	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 5 образцов 3. Не менее 2 образцов 4. Не менее 3 образцов 5. Не менее 4 образцов

Билет № 6. Диаметр трубы 225 мм, толщина стенки 12,8 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 53-101-2003 2. СП 42-102-2004 3. СНиП 42-01-2002 4. СП 42-103-2003 5. СП 42-101-2002	1. Нагретым газом 2. Нагретым инстр-м 3. С закладн. нагрев-ми 4. Раструбная 5. Экструзионная	1. ПЭ 100 2. ПЭ 150 3. ПЭ 63 4. ПЭ 120 5. ПЭ 80	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,8$ 3. $\leq 0,5$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0	1. Огневая обработка 2. Хим-я обработка	1. SDR 21 2. SDR 9

3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	3. 6,0-9,5 4. 8,5-12,0 5. 9,0-13,0	3. Мех-я обработка 4. Сначала механ-я затем химич-я 5. Огневая с мех-ой	3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 17,6
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Противопригарным 3. Антиадгезионным 4. Цинковым 5. Антикогезионным	1. Центровка 2. Очистка 3. Обезжиривание 4. Смазка 5. Протирка	1. 50 мм 2. 80 мм 3. 25 мм 4. 75 мм 5. 10 мм	1. Белыми тканями 2. Цветными и синтетическими тканями 3. Ветошью 4. Влажными тканями 5. Мягкой тканью
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 5% 2. 8% 3. 10% 4. 2% 5. 15%	1. 15-25 мм 2. 15-20 мм 3. 10-20 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 5-15мм 2. Не менее 15-20мм 3. Не более 15-20мм 4. Не менее 10-20мм 5. Не более 5-15мм	1. В приспособлении 2. Зажимах 3. Сварочной машине 4. Траншее 5. Кондукторе
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Метёлки 2. Кисти 3. Ветоши 4. Совка 5. Крючка	1. 6 с 2. 3 с 3. 4 с 4. 5 с 5. 2 с	1. МПД 2. ПК 3. Акустический 4. РГК 5. УЗК	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 3 образцов 4. Не менее 5 образцов 5. Не менее 6 образцов

Билет № 7. Диаметр трубы 225 мм, толщина стенки 20,5 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 53-101-2003 2. СП 42-102-2004 3. СНиП 42-01-2002 4. СП 42-103-2003 5. СП 42-101-2002	1. Нагретым инстр-м 2. Нагретым газом 3. Экструзионная 4. С закладн. нагрев-ми 5. Раструбная	1. ПЭ 63 2. ПЭ 80 3. ПЭ 100 4. ПЭ 150 5. ПЭ 120	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,8$ 3. $\leq 1,2$ 4. $\leq 1,0$ 5. $\leq 0,5$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 4,5-6,5 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	1. 4,5-6,5 2. 14,0-21,0 3. 6,0-9,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	1. Хим-я обработка 2. Огневая обработка 3. Сначала механ-я затем химич-я 4. Мех-я обработка 5. Огневая с мех-ой	1. SDR 17,6 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 21
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Отражающим 3. Антиадгезионным 4. Когезионным 5. Противопригарным	1. Центровка 2. Очистка 3. Обезжиривание 4. Стягивание труб 5. Протирка	1. 10 мм 2. 50 мм 3. 25 мм 4. 100 мм 5. 60 мм	1. Мягкой тканью 2. Ветошью 3. Белыми и сухими тканями 4. Влажными тканями 5. Цветными и синтетическими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 8% 2. 10% 3. 5% 4. 2% 5. 15%	1. 15-20 мм 2. 10-20 мм 3. 15-25 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не более 15-20мм 3. Не менее 5-15мм 4. Не более 5-15мм 5. Не менее 10-20мм	1. В приспособлении 2. Зажимах 3. Сварочной машине 4. Траншее 5. Кондукторе

[17]	[18]	[19]	[20]
1. Ветоши 2. Кисти 3. Крючка 4. Совка 5. Метёлки	1. 6 с 2. 2 с 3. 4 с 4. 3 с 5. 5 с	1. УЗК 2. ПК 3. РГК 4. МПД 5. Акустический	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 4 образцов 3. Не менее 2 образцов 4. Не менее 3 образцов 5. Не менее 5 образцов

Билет № 8. Диаметр трубы 250 мм, толщина стенки 14,2 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 53-101-2003 2. СП 42-102-2004 3. СП 42-103-2003 4. СП 42-101-2002 5. СНиП 42-01-2002	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. Нагретым инстр-м 4. Раструбная 5. С закладн. нагрев-ми	1. ПЭ 63 2. ПЭ 100 3. ПЭ 150 4. ПЭ 120 5. ПЭ 80	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 0,8$ 3. $\leq 0,5$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 3,0-5,0	1. 4,5-6,5 2. 6,5-10,0 3. 9,5-14,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	1. Мех-я обработка 2. Огневая обработка 3. Сначала механ-я затем химич-я 4. Хим-я обработка 5. Огневая с мех-ой	1. SDR 17,6 2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 21
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Антикогезионным 3. Противопригарным 4. Антиадгезионным 5. Отражающим	1. Очистка 2. Центровка 3. Обезжиривание 4. Просушка 5. Протирка	1. 10 мм 2. 100 мм 3. 25 мм 4. 60 мм 5. 50 мм	1. Ветошью 2. Мягкой тканью 3. Влажными тканями 4. Цветными и синтетическими тканями 5. Белыми и сухими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 15% 2. 8% 3. 5% 4. 2% 5. 10%	1. 15-25 мм 2. 10-20 мм 3. 10-25 мм 4. 15-20 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не более 15-20мм 3. Не менее 5-15мм 4. Не более 5-15мм 5. Не менее 10-20мм	1. В приспособлении 2. Зажимах 3. Траншее 4. Кондукторе 5. Сварочной машине
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Совка 2. Крючка 3. Ветоши 4. Кисти 5. Метёлки	1. 6 с 2. 5 с 3. 4 с 4. 3 с 5. 2 с	1. УЗК 2. ПК 3. РГК 4. МПД 5. Акустический	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 5 образцов 3. Не менее 2 образцов 4. Не менее 3 образцов 5. Не менее 4 образцов

Билет № 9. Диаметр трубы 250 мм, толщина стенки 22,7 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 53-101-2003 2. СП 42-103-2003 3. СНиП 42-01-2002 4. СП 42-101-2002 5. СП 42-102-2004	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. Нагретым инстр-м 4. Раструбная 5. С закладн. нагрев-ми	1. ПЭ 100 2. ПЭ 63 3. ПЭ 150 4. ПЭ 120 5. ПЭ 80	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 1,0$ 3. $\leq 0,5$ 4. $\leq 1,2$ 5. $\leq 0,8$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 2,0-3,5	1. 4,5-6,5	1 Мех-я обработка	1. SDR 17,6

2. 4,5-7,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	2. 6,5-10,0 3. 6,0-9,5 4. 16,5-23,5 5. 6,0-8,5	2. Огневая обработка 3. Сначала механ-я затем химич-я 4. Огневая с мех-ой 5. Хим-я обработка	2. SDR 9 3. SDR 13,6 4. SDR 11 5. SDR 21
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Антикогезионным 3. Антиадгезионным 4. Отражающим 5. Противопригарным	1. Центровка 2. Протирка 3. Обезжиривание 4. Стягивание труб 5. Очистка	1. 10 мм 2. 25 мм 3. 50 мм 4. 100 мм 5. 60 мм	1. Цветными и синтетическими тканями 2. Ветошью 3. Мягкой тканью 4. Влажными тканями 5. Белыми и сухими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 5% 2. 8% 3. 10% 4. 2% 5. 15%	1. 15-20 мм 2. 10-20 мм 3. 15-25 мм 4. 10-25 мм 5. 25-30 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не менее 5-15мм 3. Не менее 10-20мм 4. Не более 5-15мм 5. Не более 15-20мм	1. В приспособлении 2. Сварочной машине 3. Траншее 4. Зажимах 5. Кондукторе
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Ветоши 2. Крючка 3. Совка 4. Кисти 5. Метёлки	1. 2 с 2. 3 с 3. 4 с 4. 5 с 5. 6 с	1. УЗК 2. ПК 3. РГК 4. МПД 5. Акустический	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 3 образцов 4. Не менее 4 образцов 5. Не менее 5 образцов

Билет № 10. Диаметр трубы 315 мм, толщина стенки 17,9 мм.

[1]	[2]	[3]	[4]
1. СП 42-102-2004 2. СП 42-103-2003 3. СНиП 42-01-2002 4. СП 42-101-2002 5. СП 53-101-2003	1. Нагретым газом 2. Экструзионная 3. Нагретым инстр-ом 4. С закладн. нагрев-ми 5. Раструбная	1. ПЭ 63 2. ПЭ 80 3. ПЭ 150 4. ПЭ 120 5. ПЭ 100	1. $\leq 0,3$ 2. $\leq 1,2$ 3. $\leq 0,5$ 4. $\leq 0,8$ 5. $\leq 1,0$
[5]	[6]	[7]	[8]
1. 4,0-6,0 2. 2,5-4,5 3. 2,0-4,0 4. 3,0-5,0 5. 2,5-4,5	1. 13,0-18,0 2. 6,5-10,0 3. 6,0-9,5 4. 8,5-12,0 5. 6,0-8,5	1 Огневая обработка 2. Мех-я обработка 3. Сначала механ-я затем химич-я 4. Хим-я обработка 5. Огневая с мех-ой	1. SDR 13,6 2. SDR 9 3. SDR 17,6 4. SDR 11 5. SDR 21
[9]	[10]	[11]	[12]
1. Адгезионным 2. Отражающим 3. Противопригарным 4. Антиадгезионным 5. Антикогезионным	1. Очистка 2. Обезжиривание 3. Центровка 4. Стягивание труб 5. Протирка	1. 10 мм 2. 50 мм 3. 25 мм 4. 100 мм 5. 60 мм	1. Белыми тканями 2. Сухими тканями 3. Цветными и синтетическими тканями 4. Влажными тканями 5. Белыми и сухими тканями
[13]	[14]	[15]	[16]
1. 2% 2. 8% 3. 5%	1. 15-25 мм 2. 10-20 мм 3. 25-30 мм	1. Не менее 15-20мм 2. Не менее 5-15мм 3. Не менее 10-20мм	1. Сварочной машине 2. Зажимах 3. Траншее

4. 10% 5. 15%	4. 10-25 мм 5. 15-20 мм	4. Не более 5-15мм 5. Не более 15-20мм	4. В приспособлении 5. Кондукторе
[17]	[18]	[19]	[20]
1. Ветоши 2. Крючка 3. Совка 4. Кисти 5. Метёлки	1. 2 с 2. 5 с 3. 4 с 4. 3 с 5. 6 с	1. УЗК 2. ПК 3. РГК 4. МПД 5. Акустический	1. Не менее 1 образца 2. Не менее 2 образцов 3. Не менее 3 образцов 4. Не менее 4 образцов 5. Не менее 5 образцов

Ответы к тесту НИ

№ вопроса / № билета	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	3	2	5	5	4	4	3	2	2
2	3	2	4	1	5	2	1	3	3	3
3	2	3	1	4	2	1	2	2	1	5
4	1	1	5	2	3	3	5	2	5	4
5	2	1	5	4	2	4	3	5	2	1
6	2	1	4	4	3	5	2	3	4	1
7	1	4	5	2	1	3	4	1	5	2
8	4	5	4	2	1	5	4	1	4	3
9	3	2	4	3	5	3	3	4	3	4
10	5	4	1	3	2	1	1	2	1	3
11	3	4	1	1	4	1	2	5	3	2
12	5	3	3	1	3	2	5	4	1	3
13	4	5	2	5	1	3	2	5	3	4
14	1	5	3	5	3	2	1	4	1	5
15	3	4	2	4	5	1	3	3	2	2
16	2	5	1	3	4	3	3	5	2	1
17	4	3	2	1	1	2	2	4	4	4
18	3	2	3	4	2	4	5	1	5	5
19	5	2	3	2	4	5	1	1	1	1
20	5	1	3	3	2	4	4	2	5	5

Билет № 1

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		1	3	2	1	2	2	1	4	3
10-19	5	3	5	4	1	3	2	4	3	5
20	5									

Билет № 2

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		3	2	3	1	1	1	4	5	2
10-19	4	4	3	5	5	4	5	3	2	2
20	1									

Билет № 3

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		2	4	1	5	5	4	5	4	4
10-19	1	1	3	2	3	2	1	2	3	3

20	3	
----	---	--

Билет № 4

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		5	1	4	2	4	4	2	2	3
10-19	3	1	1	5	5	4	3	1	4	2
20	3									

Билет № 5

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		5	5	2	3	2	3	1	1	5
10-19	2	4	3	1	3	5	4	1	2	4
20	2									

Билет № 6

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		4	2	1	3	4	5	3	5	3
10-19	1	1	2	3	2	1	3	2	4	5
20	4									

Билет № 7.

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		4	1	2	5	3	2	4	4	3
10-19	1	2	5	2	1	3	3	2	5	1
20	4									

Билет № 8.

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		3	3	2	2	5	3	1	1	4
10-19	2	5	4	5	4	3	5	4	1	1
20	2									

Билет № 9

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		2	3	1	5	2	4	5	4	3
10-19	1	3	1	3	1	2	2	4	5	1
20	5									

Билет № 10

Ответы

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-9		2	3	5	4	1	1	2	3	4
10-19	3	2	3	4	5	2	1	4	5	1
20	5									

Список литературы

1. Галимов Э.Р., Исмаилова А.Г., Сударев Ю.И., Галимова Н.Я., Низамов Р.К. Полимерные материалы. Структура, свойства и применение. Учебное пособие. Казань.: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. 188 с.
2. Галимов Э.Р., Маминов А.С., Аблясова А.Г., Низамов Р.К., Галимова Н.Я., Солдаткин В.М. Материалы приборостроения. Учебное пособие. Казань.: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. 672 с.
3. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справ. изд./ Под ред. Э.Л.Макарова – М.: Металлургия, 1991. 528 с.
4. Сварка полимерных материалов: Справочник / Под общ.ред. К.И.Зайцева. – М.: Машиностроение, 1966. – 312 с.
5. Зайцев К.И. Сварка пластмасс при сооружении объектов нефтяной и газовой промышленности. –М.: Недра. 1984. – 224 с.
6. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов. М.: Химия, 2001, 376 с.
7. Бортников В.Г. Производство изделий из пластических масс: Учебное пособие для вузов в трех томах. Т.2. Технология переработки пластических масс. Казань.: Изд-во «Дом печати», 2002. 399 с.
8. Амирова Л.М., Сударев Ю.И., Ильинкова Т.А., Ковалев А.А., Исмагилова А.Г. Сварка пластических масс: Учебное пособие. Казань.: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. 28 с.
9. Удовенко В.Е., Сафронова И.П., Гусева Н.Б. Полиэтиленовые трубопроводы - это просто. М.: ЗАО «Полимергаз». 2003. 238 с.
10. Сборник нормативных документов системы аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 1999. 102 с.
11. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Методы испытания на растяжение.
12. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

13. СП 40-102-2000. Своды правил по проектированию и строительству Российской Федерации. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов.

Содержание

Введение.....	4
1. Теоретическая часть.....	5
1.1. Общая характеристика полимерных материалов.....	5
1.2. Классификация, строение и способы получения полимеров.....	5
1.3. Фазовые состояния и надмолекулярная структура полимеров.....	10
1.4. Физические состояния полимеров.....	14
1.5. Основные способы модификации полимерных материалов.....	18
1.6. Основные пластмассы для сварных соединений.....	21
1.7. Методы получения изделий из пластмасс.....	27
1.8.. Оценка свариваемости пластмасс.....	31
1.8.1. Механизм образования сварных соединений.....	31
1.8.2 Методы повышения свариваемости.....	40
1.9. Способы сварки пластмасс.....	41
1.9.1. Контактная тепловая сварка.....	41
1.9.2 Сварка газовым теплоносителем.....	42
1.9.3 Сварка экструдированной присадкой.....	44
1.9.4. Сварка в электрическом поле высокой частоты (ТВЧ).....	47
1.9.5. Ультразвуковая сварка пластмасс.....	48
1.9.6. Сварка пластмасс трением.....	49
1.9.7. Сварка излучением.....	50
Вопросы для самопроверки.....	51
Лабораторная работа № 1 Выбор режима стыковой сварки термопластов нагретым инструментом.....	53
Вопросы для самопроверки.....	65
Лабораторная работа №2 Сварка полиэтиленовых труб соединительными детальями с закладными нагревателями.....	66
Вопросы для самопроверки.....	94
Лабораторная работа №3 Раструбная диффузионная сварка.....	95
Вопросы для самопроверки.....	101
Лабораторная работа №4 Методы контроля сварных соединений.....	103
Вопросы для самопроверки.....	122
Приложение А.....	124

Приложение Б.....	126
Приложение В.....	127
Приложение Г.....	128
Тестовые задания.....	130
Карта типового технологического процесса сварки	141
Список литературы	152
Содержание.....	154

МАКСИМОВ Владимир Кузьмич
ЧЕРНОГЛАЗОВА Алевтина Валентиновна
СУДАРЕВ Юрий Иванович
КУРТАЕВА Фарида Наиловна
ГОРБУНОВ Алексей Владимирович

Ответственный за выпуск
Технический редактор
Типография Издательства КНИТУ-КАИ
420111, Казань, К.Маркса, 10