

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ российской ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение в  
ысшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»  
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ М.А. Иванов

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Модернизация технологии изготовления тройника Диаметром 219  
мм с приварными кольцами в условиях АО «ТрубоДеталь»

---

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**  
ЮУрГУ-15.03.01.2020.141 гв вкр  
Руководитель работы

\_\_\_\_\_ Должность

\_\_\_\_\_ Подпись

ИО., Фамилия 2020

г.

А втор работы студент г п П-  
440:

Строганов АА «ИСУ

икам,,7 2020 г.

Нормоконтролёр  
старший преподаватель

Ю.В. Безганс

\_\_\_\_\_ 2020 г.

Челябинск, 2020

## АННОТАЦИЯ

Строганов А.А. – Модернизация технологии изготовления тройника диаметром 219 мм с приварными кольцами в условиях АО "Трубодеталь".

г. Челябинск: ФГАОУ ВО

«ЮУрГУ (НИУ)», факультет МиМТ;

2020 г., количество страниц 57., 23 ил., библиогр. список – 13 наим., 6 листов чертежей ф.А1.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен процесс модернизации участка сборки и сварки тройника диаметром 219 мм с приварными кольцами в условиях АО «Трубодеталь». С этой целью выполнен анализ базового варианта технологического процесса изготовления тройника и составлены проектные предложения по его усовершенствованию. В проектируемом варианте технологического процесса изготовления узла предлагается выполнить роботизацию сварочного процесса. Кроме того, на основе оценки свойств применяемого материала предложен вариант замены присадочной проволоки. Представленные решения позволят значительно повысить скорость и качество сварного узла, а также повысит его эксплуатационные характеристик.

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. №

|  |         |     |               |         |      |  |                        |      |        |
|--|---------|-----|---------------|---------|------|--|------------------------|------|--------|
|  |         |     |               |         |      | 15.03.01.2020.141 ПЗ ВКР   |                        |      |        |
|  | Изм.    | Лис | №докум        | Подпись | Дата | Модернизация технологии изготовления тройника диаметром 219 мм с приварными кольцами в условиях АО "Трубодеталь" | Лит                    | Лист | Листов |
|  | Разраб. |     | Строганов А.А |         |      |  | Д                      | 4    |        |
|  | Пров.   |     | Айметов С.Ф   |         |      |  | ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» |      |        |
|  | Н.Контр |     | Безганс Ю.В.  |         |      |  | Кафедра ОиСТП          |      |        |
|  | Утв.    |     | Иванов М.А.   |         |      |  |                        |      |        |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 7  |
| 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....  | 9  |
| 1.1 Анализ конструкции изделия.....                                      | 9  |
| 1.2 Материал изделия и его свариваемость .....                           | 10 |
| 1.3 Условия эксплуатации изделия .....                                   | 11 |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....   | 13 |
| 2.1 Базовый вариант технологического процесса.....                       | 13 |
| 2.1.2 Сварка деталей с кольцами с формированием обратного<br>валика..... | 17 |
| 2.1.3 Оборудование для сборки .....                                      | 20 |
| 2.1.4 Оборудования для сварки .....                                      | 22 |
| 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса .....                | 25 |
| 2.3 Выбор способа сварки .....   | 25 |
| 2.4 Выбор сварочных материалов .....                                     | 26 |
| 2.5 Расчет режимов сварки.....   | 27 |
| 2.6 Выбор сварочного оборудования .....                                  | 33 |
| 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....                              | 37 |
| 3.1 Способы и средства контроля качества .....                           | 37 |
| 3.1.2 Метод ультразвуковой дефектоскопии.....                            | 39 |
| 3.1.3 Метод радиографического контроля.....                              | 39 |
| 3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....                               | 40 |
| 3.3 Оборудования для контроля качества.....                              | 42 |
| 3.3.1 Инструменты для проведения ВИК.....                                | 42 |
| 3.3.2 Инструменты для проведения УЗК контроля.....                       | 43 |
| 3.3.3 Инструменты для радиографического контроля.....                    | 46 |
| 3.4 Методика контроля .....  | 49 |
| 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....                                    | 55 |
| 4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов          | 55 |

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 5    |

|   |    |
|---|----|
| 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ ..... | 56 |
| 4.2.1 Обеспечение санитарно–гигиенических условий труда .....   | 57 |
| 4.2.2 Обеспечение электрической безопасности.....               | 57 |
| 4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности .....                   | 58 |
| 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами.....      | 59 |
| 4.4 Планировка оборудования и рабочих мест цеха (участка).....  | 60 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 62 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....                                  | 63 |

## ВВЕДЕНИЕ

Металлургия одна из сильно набирающих отраслей российской промышленности. Metallургия охватывает весь процесс производства металлов: добычу и подготовку руд, топлива, выпуск металла, производство вспомогательных материалов (огнеупоров, кислорода и т.д), поэтому основная часть черных металлов производится на комбинатах или заводах полного цикла – это предприятия, которые включают в себя все стадии металлургического процесса.

Доля черной металлургии промышленных масштабах в России составляет около 10%. В состав черной металлургии входит более 1.5 тысяч предприятий и организации, 70% из них – градообразующие, число рабочих – более 660 тыс. человек.

Экономика России долгое время определялась как экономика освоения недр. Поэтому развитие металлургического производства и систем его жизнеобеспечения стало одной из главных основ России. Освоение месторождений и создания объектов, связанных с металлургией, сопровождалось развитием социальной сферы, энергетических мощностей и транспортных сетей.

Металлургические предприятия России являются крупными экспортерами. Вне зависимости от результатов экономической деятельности и эффективности экспорта металла производства придерживаются направлению на экспорт.

Также металлургия является источником валютных поступлений в бюджет страны, обеспечивая России место в мировом рынке. Особое значение имеют вопросы повышения инженерного труда и подготовки кадров. Именно в этом хранится значительный резерв эффективного развития отрасли.

Трубная промышленность России очень крупная отрасль российской металлургии с точки зрения технологий, оборудования и качества

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | 7    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |      |

производимой продукции. С начала 2000–х годов на развитие промышленности было инвестировано большое количество денег, что позволило довести долю высокотехнологичной продукции до 60%, обновить фонды и значительно увеличить производственные мощности. Так, например производство стальных труб в России в 2016 году составило 10,3 млн тонн.

В данной работе модернизируется сварочный участок сборки магистрального тройника диаметром 219x8 мм и его неразъемное соединение с использованием роботизированной сварки в среде защитных газов. Тройник класса K52 из стали 13ХФА – конструкционная легированная высококачественная.

Данный тройник предназначен для газопровода, что наиболее значимо для нефтегазовых стран, огромная сетка трубопроводов требует улучшение качества как материалов и неразъемных соединений, так и уменьшение затрат на их производство и эксплуатацию.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 8    |

# 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

Изделие (рисунок 1.1) представляет собой сварную конструкцию, состоящую из следующих трубных элементов:

- штампованной тройник 2 типоразмером 219x8 мм, длиной 320 мм;
- цельнотянутые бесшовные кольца 1 типоразмером 219x8, длиной 250 мм.

Высота отвода оси составляет 390 мм.

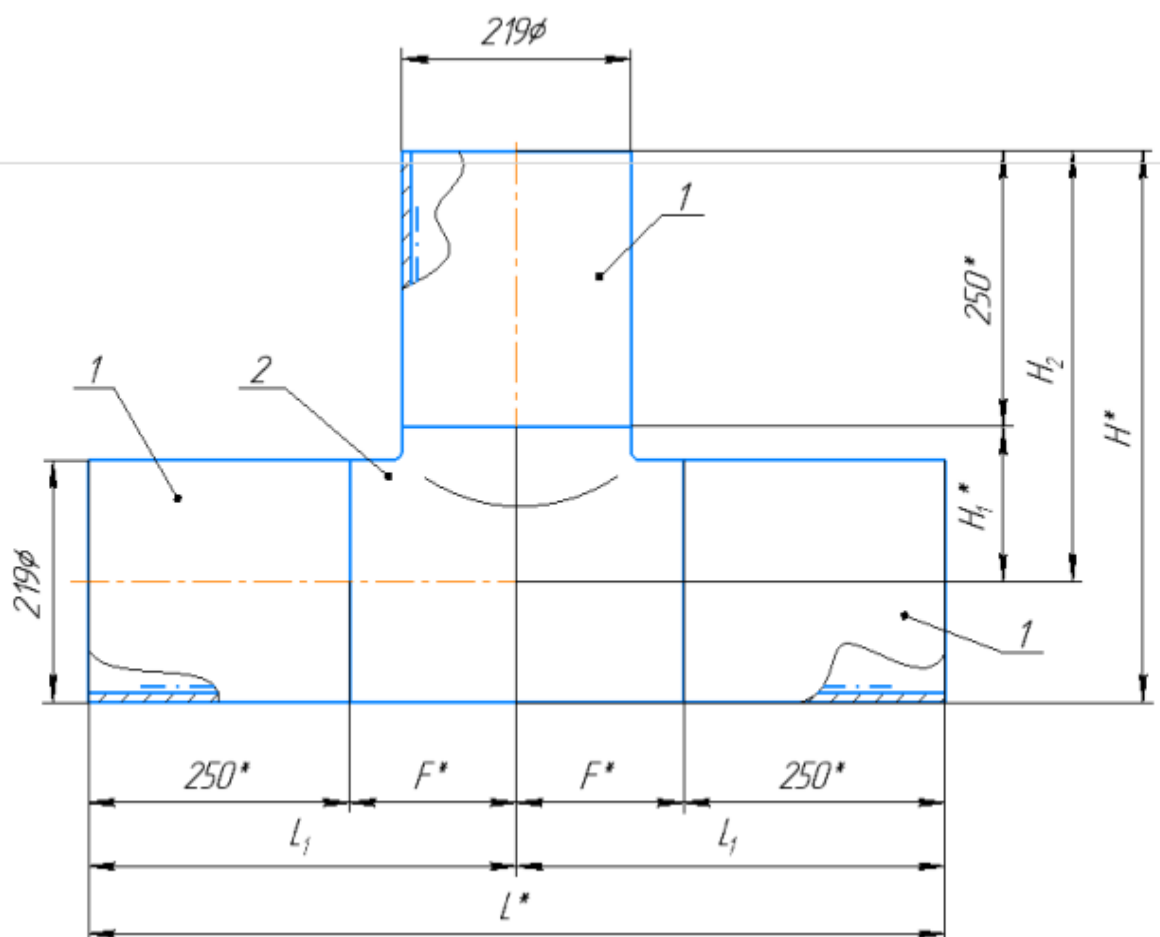


Рисунок 1.1 – Тройник с приварными кольцами

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|      |      |          |         |      |

15.03.01.2020.141.00 ПЗ

Лист

9

## 1.2 Материал изделия и его свариваемость

Данный тройник относится к классу прочность К52 и изготавливается из стали марки 13ХФА, данная сталь является конструкционной легированной высококачественной и обладает повышенной стойкостью к коррозии и образованию водных трещин. Химический состав показан в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав материала в %

| Химические элементы   | C         | Si        | Mn       | Ni  | S     | P     | Cr      |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|-----|-------|-------|---------|
| Процентное содержание | 0,11–0,17 | 0,17–0,37 | 0,4–0,65 | 0,2 | 0,015 | 0,015 | 0,5–0,7 |

Таблица 1.2 – Химический состав материала в %

| Химические элементы   | V         | N     | W      | Ti      | Al          | Cu  | Mo  |
|-----------------------|-----------|-------|--------|---------|-------------|-----|-----|
| Процентное содержание | 0,05–0,09 | 0,008 | до 0,2 | до 0,03 | 0,02 – 0,65 | 0,2 | 0,2 |

Свариваемость – свойства материалов образовывать неразъемные сварные соединения при заданных условиях для выполнения поставленных задач и заданных эксплуатационных свойств, определяется химическими и физическими характеристиками свариваемых материалов и сварочных материалов.

Склонность сталей к образованию горячих и холодных трещин в шве и околошовной зоне возможно оценить по эквиваленту углерода исходя из химического состава материалов. Холодные трещины – локальные хрупкие разрушения, возникающие под действием остаточных внутренних напряжений.

Для оценки склонности стали 13ХФА к образованию холодных трещин используем формулу (1) по ГОСТ 27772–88.

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \quad (1)$$



где все элементы указаны в соответствии с таблицей Менделеева в процентом содержании

$$C_{\text{экв}} = 0,13 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,17}{24} + \frac{0,5}{5} + \frac{0,2}{40} + \frac{0,2}{13} + \frac{0,05}{14} + \frac{0,015}{2} = 0,35$$

При значении  $C_{\text{экв}} \leq 0,46$  не требуется преждевременный подогрев.

### 1.3 Условия эксплуатации изделия

Данный тройник предназначен для сложных соединений систем газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктов, который имеет больше двух ответвлений. Как равнопроходные, так и переходные соединительные элементы позволяют изменить направление транспортируемых веществ под углом  $90^\circ$ . С помощью данной фасонной детали удастся перемещать в нужные пункты назначения среды общепромышленного назначения. Хорошо известно всем, что металл подвергается к коррозии, а так как газопровод выполнен из металла, в связи с этим очень часто появляется коррозия, причем как внутри, так и с внешней стороны. Газопровод прокладывается от места добычи до места хранения газа, например, в Сибири, где очень жесткие климатические условия. В тех местах газопровод испытывает внешние нагрузки как:

- снеговая нагрузка;
- ветровая нагрузка;
- нагрузка от обледенения

Очень широк список транспортируемых веществ для данного газопровода: природный газ, нефть и т.п. Также этот трубопровод может быть проложен под грунт, где подвергается почвенной коррозии, а проходящей над землей – атмосферной. Коррозией металлов называют разрушение или изменение его свойств, вызванное химическими или электрохимическими процессами при взаимодействии с окружающей средой.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 11   |

По характеру взаимодействия металла с окружающей средой различают два основных вида коррозии: химическую и электрохимическую.

Химическая коррозия относится к случаям изменения свойства металла в результате химических реакций без возникновения и протекания электрического тока. К этому виду коррозии относятся газовая коррозия и коррозия неэлектролитах.

Газовая коррозия происходит в результате взаимодействия металла с сильно разогретом газом при полном отсутствии влаги.

Коррозия в неэлектролитах – разрушение металла в жидких или газообразных неэлектропроводных средах, как пример коррозия при взаимодействии с нефтепродуктами, содержащими серу.

Изделие способно выдержать внутреннее давление до 7, Мпа, а так же устойчиво к длительному воздействию низких и высоких температур от –60 °С до +40 °С, а так же высокая износостойчивость.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 12   |

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологического процесса

Все детали и сборочные единицы, принятые для сборки, должны быть проверены на контроль качества. Во время контроля необходимо проверить надпись на бирке (ярлыке), маркировку на трубопроводе с помощью сертификата. Полуфабрикаты должны быть затем проверены на механические свойства, химический состав металла трубы, микроструктуру (размер зерна, загрязнение, полосчатость структуры) и другие необходимые параметры в соответствии с требованиями стандарта на трубы. Кроме того, необходимо проверить наличие трубопровода в сертификате гидравлического испытания (или его гарантии на основании дефектоскопического осмотра), а также запись термообработки и ультразвуковой контроль (если требуется в запасной части для детали). Последним видом деятельности инспекционной службы является проверка поверхности трубопровода – 10% партии, но не менее пяти штук.

Для трубы «ЧТПЗ» осмотр поверхности труб – 100%. На наружной и внутренней (доступной для осмотра) поверхностях не допускаются трещины, плены, рванины, закаты и расслоения и другие дефекты согласно НД на сырье. Допустимые дефекты на поверхности трубы регламентированы требованиями НД на трубу и СДТ. Штангенциркуль ШЦ–I–125–0,1 ГОСТ 166–89; глубиномер специальный МИ–294; толщиномер ультразвуковой DM–4E Krautkramer.

В зависимости от сырья на наружных и внутренних (доступных для осмотра) поверхностях недопустимы трещины, уловы, трещины, закаты, расслаивание и другие дефекты. Допустимые погрешности на поверхности трубы регулируются требованиями ND для трубы и SDT. Проверьте толщину и диаметр пробирок – 10% от партии.

Трубы, не прошедшие проверку геометрии, удаляются из технологического потока в зону вывода, где из потока удаляется

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 13   |

неисправный лист, после чего лист можно отправить на переработку в менее требовательных условиях.

После прохождения контроля все трубы и детали должны быть доставлены к месту хранения. В качестве перевозчиков используются автомашины или козловый кран

После того как загрузили на автомашину трубы и другие детали везут до цеха места складирования, где их укладывают на специально назначенное место.

Далее проводится контроль поступившей партии. Контроллер сверяет данные поступивших материалов с маркировкой, сделанной ранее на трубе и проверяют верхнюю поверхность трубы на наличие дефектов и механических повреждений при перевозке на место складирования. Визуальный контроль проводится согласно инструкции И.46–661.9.

Далее проводится заготовительная резка труб от (Ø 57...426 мм) в качестве резчика трубы используется трубоотрезной автомат 9Д153, резать трубу на заготовки по режиму согласно таблице 2.1, выдерживая длину. Далее снимается заусенец по торцу заготовки при этом используется кулачек И514.000 и резцедержатель И2229 для станка 9Д153, а так же резец Р15 И 1183.000; резец Р3 И 1173; державка 8 мм RF 123L25–3225–ВМ; пластины 8 мм N 123L2–0800–0002–GS1125., напильник круглый ГОСТ 1465–80; рулетка Р2Н2Д ГОСТ 7502–98; крючок для стружки ЗТ 341.

Таблица 2.1 – Режимы резания заготовки

| Диаметр трубы, мм | Толщина стенки, мм | Длина обработки и, мм | Число оборотов об/мин | Подача S мм/об | Скорость резания, м/мин | Машинное время T <sub>маш</sub> , мин |
|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 219               | 8                  | 18                    | 80                    | 0,12           | 55,0                    | 1,9                                   |

После этого проводится осмотр поверхности заготовок на отсутствие недопустимых дефектов – 20 % от каждой трубы (выборочно – в начале, в середине и в конце трубы), при обнаружении недопустимых дефектов

ставится в известность мастер или технолог (контрольный мастер) для принятия решения о дальнейшем использовании трубы. После этого заготовки укладываются согласно номеру плавки отходы труб каждый в свою тару. Для заготовок Ø 219 мм и более идентификацию наносить на каждую заготовку мелом согласно СТО.46–53.1

Затем некоторую часть заготовок отправляют на слесарную операцию, где сначала осматривают наружную и внутреннюю поверхность заготовки (не допускаются трещины, расслоения, закаты, рваные или грубые риски, а также раскатанные загрязнения) потом зачищаются забоины, вмятины, риски превышающие допустимые значения пологой зачисткой, при этом следы зачистки дефектов не должны выводить толщину стенки за пределы минусовых отклонений, удаление поверхностных дефектов сваркой не допускаются.

Требования к качеству поверхности в соответствии с НТД на деталь. Контроль исполнителя должен быть выполнен на 100%, при выполнении операций используются:

- ручной переносной светильник с непросвечиваемым отражателем и оборудованной защитной сеткой напряжением 12 вольт;
- шлифовальная машина и шлифовальный круг применяется согласно И.46–54.5;
- стенкомер С–25 ГОСТ 11358–89;
- спецтангенциркуль И 1264.000

Вслед за тем производится зачистка торцов заготовок, ширина зоны в соответствии с требованием НТД не менее 60 мм, после очистки шероховатость подготовленной поверхности должна быть не менее  $R_z 40$  мкм по ГОСТ 2789–73. При необходимости на участке заготовок под маркировку наносят краску темных тонов (черная, коричневая и т.п) – эмаль ВД–АК–1179 ТУ 2313–012–32998388–2003 и кисть ГОСТ 10597–87. Маркировку выполняют в соответствии с требованиями НТД на изделие каплеSTRUНЫМ маркиратором EBS–250 hand–Jet или EBS–6200 Pmini.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 15   |

После этого заготовки отправляют на складирования и там проводят повторный контроль, по которому длина кольца не должна превышать  $L+2 \times 10$  мм, где  $L$  – длина кольца по требованиям чертежа, отклонения перпендикулярности торцов относительно базовой поверхности не более 7 мм, так же проверяют качество реза есть ли наличие неровностей выхватов не допускается, правильность и глубина маркировки, номера колец и отсутствие овальности на торцах колец и высоту усиления сварного шва с наружной и внутренней стороны по длине не менее 100 мм от каждого торца кольца.

Затем заготовки (рисунок 2.1) перевозят в часть цеха, где проводят механическую обработку, перед обработкой заготовки проходят очередной контроль, контроллер проводит осмотр на отсутствие сколов, вмятин, рисок, трещин и задиров на торцах деталей. Смотрит на наличие и ее правильность маркировки деталей, а для заготовок диаметром свыше 219 мм проверяют на наличие бирки и полнота данных. Размер  $S$  контроллер проверяет штангенциркулем ШЦ –I–125–0,1 ГОСТ 166–89, размер  $D$  (штангенциркуль ШЦ –I–125–0,1; ШЦ–II–250–0,05; ШЦ–II–250–630–0,1 ГОСТ 166–89), размер  $L$  – рулеткой Р2Н2Д ГОСТ 7502–98.

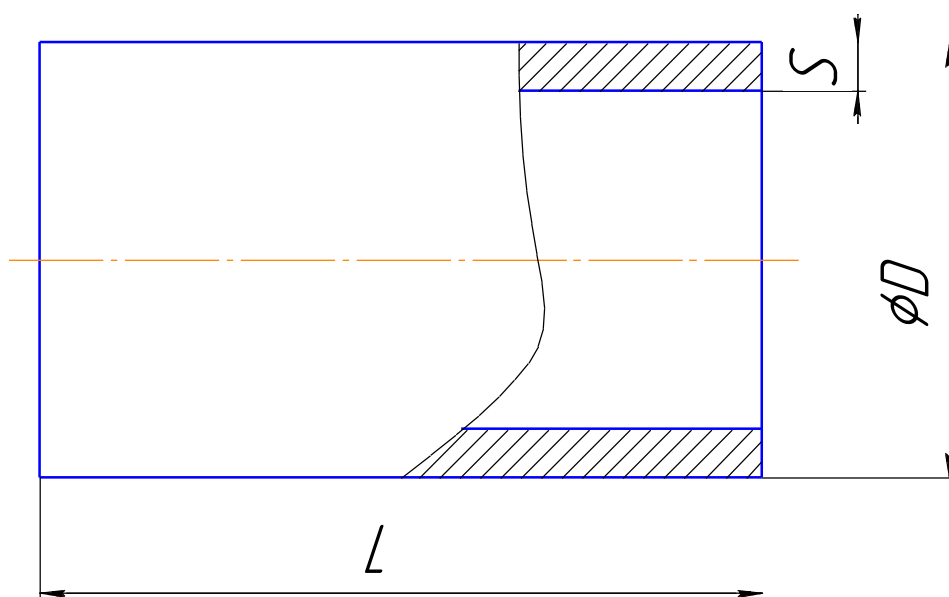


Рисунок 2.1 – Эскиз заготовки

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | 16   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

### 2.1.2 Сварка деталей с кольцами с формированием обратного валика

Параметры режимов сварного соединения указаны в таблицах 2.2 и 2.3.

Размеры сварных швов изображены на рисунке 2.2

Таблица 2.2 – Параметры сварного соединения

| Высота | ТУ 24.20.40–041                     | ТУ 1469–032                     | ТУ 14–1–5598                        |
|--------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| h, мм  | 1,5±1                               | 2 <sup>+1</sup> <sub>-1,5</sub> | 2,5 <sup>+0,5</sup> <sub>-1,5</sub> |
| h1, мм | 1,5 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,5</sub> | 2 <sup>+1</sup> <sub>-1,5</sub> | 0,5 <sub>-0,5</sub>                 |

Таблица 2.3 – Параметры сварного соединения

| S, мм   | e, мм  | Мин. кол-во проходов<br>(корневой,<br>заполняющие,<br>облицовочные) |
|---------|--------|---|
| 4...5   | 11 ± 4 | 2   |
| 6...7   | 12 ± 3 | 3   |
| 8...9   | 14 ± 4 | 4   |
| 10...12 | 20 ± 4 | 6   |
| 13...15 | 24 ± 4 | 7   |
| 16...17 | 26 ± 4 | 8   |
| 18...19 | 28 ± 4 | 9   |
| 20...22 | 32 ± 4 | 12  |

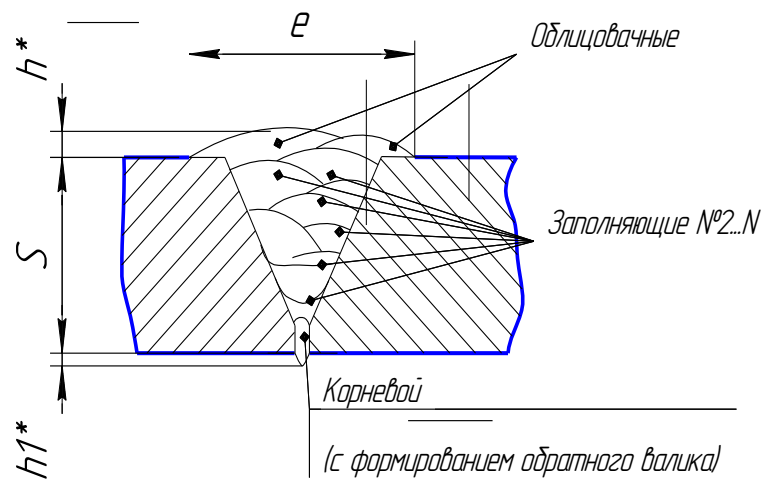


Рисунок 2.2 – Размеры сварных швов  $h$ ,  $h_1$  согласно требованиям чертежа на деталь с кольцами

В самом начале устанавливается и закрепляется собранная деталь на манипуляторе, используется манипулятор Mesome TPR–1200.

Далее производится сварка корневого шва с формированием обратного валика. Перед каждой прихваткой сварку прекращают, конец сваренного участка и прихватку вышлифовывают после чего зачищают поверхность корневого шва №1 и кромки разделки от шлака и брызг расплавленного металла абразивным инструментом.

После этого производят сварку заполняющих швов №2...N, обеспечивая раскладку согласно рисунку 2.2 и облицовочных швов, обеспечивая требуемую ширину и высоту облицовочного шва (см. таблицу 2.2 "параметры сварного соединения"). Слои выполняются за два прохода с раскладкой по кромкам, первоначально заполняя разделку на величину не более  $2/3$  ширины (см. рисунок 2.2). Место начала сварки каждого последующего прохода должно быть смещено относительно начала предыдущего прохода шва не менее чем на 30 мм. Места окончания сварки смежных слоев шва ("замки" шва) должны быть смещены относительно друг друга не менее, чем на 70–100 мм. Сварочные материалы и режимы сварки согласно таблице 2.4.

После сварки каждого прохода зачищают поверхность шва от кромки разделки от шлака и брызг расплавленного металла до металлического

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 18   |



блеска абразивным инструментом. Переход от одной ширины (высоты) шва к другой должен быть плавным. Неравномерность выпуклости шва (чешуйчатость) не должна превышать более 30% высоты усиления шва.

Затем ставится клеймо сварщика в рамку клеймения на расстоянии 100–120 мм от каждого стыка (по ТУ 24 20 40–041... на расстоянии 50–120 мм). Высота шва – не менее 5 мм, а глубина – не менее 0,2 мм. После чего делается запись в "журнале соблюдения технологических дисциплин при выполнении операции сварки". Сварку проводят с помощью сварочного автомата AlphaQ551, позиционера Mesome TP–1200. Зачистку и шлифовку проводят с помощью шлифмашины и шлифкруга. При клеймении используется молоток ГОСТ 7850–0102 Ц15хр ГОСТ 2310–77., и индикатор часового типа с игольчатыми наконечниками И2657.

Переход от одной ширины (высоты) шва к другой должен быть плавным. Неравномерность выпуклости шва (чешуйчатость) не должна превышать более, чем 30% от высоты усиления шва.

Таблица 2.4 – Режимы сварки, сварочные материалы

| Толщина стенки S, мм | Применение         | I <sub>св</sub> , А | U <sub>д</sub> , В | Скорость подачи проволоки, м/мин | Сварочные материалы                               |           | Диаметр проволоки, мм | Расход защитного газа, л/мин |
|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|---|-----------|-----------------------|------------------------------|
|                      |                    |                     |                    |                                  | Защитный газ                                      | Проволока |                       |                              |
| До 15мм              | Корневой №1        | 90–140              | 16–24              | 2–6                              | Смесь газовая К25 (75% Ar + 25% CO <sub>2</sub> ) | Св–08Г2С  | 1,2                   | 18±4                         |
|                      | Заполняющий №2...N | 90–200              |                    |                                  |   |           |                       |                              |
|                      | Облицовочные       |                     |                    |                                  |   |           |                       |                              |

После сварки проводится контроль, где контроллер должен проверить размеры сварных швов (см. таблицы 2.1 и 2.2), а так же их качество на наличие подрезов глубиной не более 0,4 мм.

На наличие не заваренных кратеров, пор, трещин. Вдобавок к этому, контроллер проверяет наличие клейма сварщика, глубины клеймения, западение между валиками сварного шва не более 1 мм и переход от одной ширины (высоты) шва к другой должен быть плавным. Неравномерность

выпуклости (чешуйчатость) не должна превышать более 30% от высоты усиления шва.

И последним этапом является неразрушающий контроль УЗК, так как каждое сварное соединение, кроме колец переходных, изготовленных из труб) должно подвергнуться ультразвуковому контролю. В сварных соединениях не допускаются трещины всех видов и направлений, поры, входящие в поверхность швов, наплавы, прожоги, несоответствие форм и размеров швов требованиям конструкторской документации на изделие. Выявляемые при ультразвуковом контроле дефекты сварных соединений относят к следующим видам:

- непротяженные (одиночные поры, компактные шлаковые включения);
- протяженные (трещины, непровары, несплавления и другие грубые дефекты);
- цепочки и скопления.

### *2.1.3 Оборудование для сборки*

Центратор монтажный TAG Pipe EZG9 изображен на рисунке 2.3.

Характеристики и описание приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристика центраторов TAG Pipe EZG9

| Наименование     | Характеристика |
|------------------|----------------|
| Серия            | E-Z Fit Gold   |
| Бренд            | TAG Pipe       |
| Страна           | Англия         |
| Диаметр труб, мм | 125 – 245      |
| Вес, кг          | 7              |

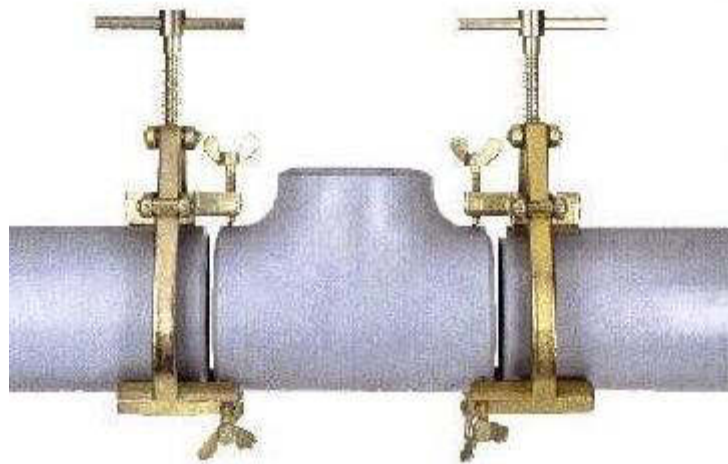


Рисунок 2.3 – Центраторы TAG Pipe EZG9

Преимущества данного центратора

- Быстрый монтаж;
- Кованная стальная конструкция для максимальной прочности и безопасности использования;
- Мгновенное и простое центрирование;
- Пять типоразмеров;
- Опционно, болты и легко устанавливаемые накладки на ножки центратора для использования с трубами из нержавеющей стали.

Самоцентрирующийся зажим СНК–СТ–400А

Это 3–х кулачковый самоцентрирующийся патрон/диаметр зажима от 15 до 400 мм/отверстие показан на рисунке 2.4



Рисунок 2.4 – Самоцентрирующийся зажим СНК–СТ–400А

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 21   |

#### 2.1.4 Оборудования для сварки

Сварочный аппарат AlphaQ551 показан на рисунке 2.5, а также его характеристики представлены в таблице 2.6



Рисунок 2.5 – Сварочный аппарат AlphaQ551

Таблица 2.6 – Технические характеристики ALPHA Q 551

| Наименование                            | Характеристика      |
|---|---------------------|
| Напряжение сети                         | 380 В (-25% – +20%) |
| Мощность при максимальной нагрузке      | 29,20 кВт           |
| Рекомендуемая мощность генератора       | 39,40 кВт           |
| Сварочный ток                           | 5 – 550 А           |
| Ток при ПВ 100%                         | 450 А               |
| Ток при ПВ 60%                          | 520 А               |
| Количество роликов в подающем механизме | 4                   |
| Скорость подачи проволоки               | 0,5–24 мм/сек       |

Продолжение таблицы

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Вес               | 125 кг          |
| Габаритный размер | 1100x455x1000мм |

Это инверторный сварочный полуавтомат, предназначенный для полуавтоматической сварки, сварки покрытым электродом и сварки неплавящимся электродом.

Позиционер TPR-1200 показан на рисунке 2.6



Рисунок 2.6 – Позиционер TPR – 1200

Характеристика позиционера представлена в таблице 2.7

Таблица 2.7 – Характеристики позиционера TPR – 1200:

| Наименование              | Характеристика |
|---------------------------|----------------|
| Модель TPR                | 1200           |
| Грузоподъемность, кг      | 1200           |
| Ø стола, мм               | 900            |
| Крутящий момент, кгм      | 90             |
| Изгибающий момент, кгм    | 310            |
| Скорость вращения, об/мин | 0,047 – 1,43   |
| Наклонение                | Электрическое  |
| Вес, кг                   | 560            |

Трубная стойка Tri Stands TPS 300 показана рисунке 2.7



Рисунок 2.7 – Трубная стойка Tri Stands TPS 300

Данные стойки предназначены для вращения трубы при ручной дуговой, полуавтоматической и роботизированной сварке.

В результате анализа базового технологического процесса были выделены следующие недостатки:

- низкая автоматизация сварочного процесса;
- высокий уровень браковки готовых изделий;
- нерациональный выбор присадочного материала.

Цели настоящей работы:

Модернизация технологического процесса изготовления тройника диаметром 219 мм с приварными кольцами. Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- роботизировать технологический процесс сварки кольцевых швов тройника;
- выполнить подбор сварочного оборудования на более современный;

|      |      |          |         |      |                         |            |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------------|
|      |      |          |         |      |                         |            |
|      |      |          |         |      |                         |            |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист<br>24 |

– выполнить подбор присадочных материалов в соответствии с применяемой маркой сталью.

## 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

Для модернизации технологии изготовления тройника диаметром 219 мм с приварными кольцами, предлагается роботизировать технологический процесс. Применение сварочного робота позволит устранить первых два недостатка базового технологического процесса.

Роботизация сварочных работ способна в несколько раз повысить эффективность производства. Применение сварочных роботов, выступающих в роли ключевого элемента гибкого автоматизированного производства, позволяет обеспечить высокое качество сварных соединений, снизить процент брака, избавить человека от монотонного труда. Роботизация сварки позволяет добиться значительной экономии сварочных материалов и электроэнергии, уменьшения сварочных деформаций. Она открывает возможность вести производство на меньшей площади, не требуя значительных затрат.

Роботизированная сварка — одно из самых распространённых в настоящее время применений робототехники. Первой областью широкого применения промышленных роботов стала именно точечная контактная сварка.

## 2.3 Выбор способа сварки

Для сварки стали 13ХФА обычно используют полуавтоматический режим сварки в среде защитного газа со сварочной проволокой.

В базовом процессе используется сварка проволокой в среде смеси защитных газов К25, где Ar (75%), а CO<sub>2</sub> (25%), с помощью этого способа получают качественные сварные соединения.

Преимущества сварки в среде защитных газов являются:

- высокое качество сварного соединения;
- возможность сваривать в разных положениях;

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 25   |

– высокая автоматизация и механизация, а также производительность процесса;

– низкие затраты при использовании защитных газов.

В проектируемом варианте роботизации процесса предлагается использовать сварку проволокой в среде защитных газов.

#### 2.4 Выбора сварочных материалов

В настоящее время на рынке сварочных материалов присутствует большое количество предназначенных для сварки низколегированных сталей, привальный выбор присадочной проволоки позволяет получить требуемые прочностные и технологические характеристики сварного соединения.

Рассмотрим следующие марки присадочных проволоки наиболее подходящей для стали 13ХФА:

- 1) Проволока марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.
- 2) Проволока марки Св-08ХМФА диаметром 1,2 мм.

Сварочные проволоки и их химические составы представлены в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 – Химический состав сварочной проволоки Св–08ХМФА

| Химические элементы   | C            | Si           | Mn           | Ni        | S           | P           | Cr          | Mo          | C            | N           |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Процентное содержание | 0,06–<br>0,1 | 0,12–<br>0,3 | 0,35–<br>0,6 | До<br>0,3 | До<br>0,025 | До<br>0,025 | 0,9–<br>1,2 | 0,5–<br>0,7 | 0,06–<br>0,1 | До<br>0,012 |

Таблица 2.9 – Химический состав сварочной проволоки Св–08Г2С

| Химические элементы   | C             | Si            | Mn          | Ni         | S           | P          | Cr        | N          |
|-----------------------|---------------|---------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|------------|
| Процентное содержание | 0,5 -<br>0,11 | 0,7 -<br>0,95 | 1,8-<br>2,7 | До<br>0,25 | До<br>0,025 | До<br>0,03 | До<br>0,2 | До<br>0,01 |



Проведя анализ химических составов проволок, можно выделить, что Св-08ХМФА будет лучше для стали 13ХФА, так как при сварке некоторые химические элементы выводятся из металла. А проволока должна замещать данные потери. Исходя из этого будет выбрана сварочная проволока Св-08ХМФА.

Данная сварочная проволока выбрана согласно ГОСТ 2246–70. Проволока гарантирует получение высококачественного сварного соединения, стойкого к коррозионным воздействиям окружающей среды, так же способная обеспечить стабильное горение, минимальное разбрызгивание и хорошую растекаемость металла.

Для образования прочного сварочного соединения, нужно учитывать, что материалы должны быть близки по химическому составу, физическим и механическим свойствам. Поэтому для стали 13ХФА будут использованы: сварочная проволока Св–08ХМФА и смесь защитных газов Ar (75%) и CO<sub>2</sub> (25%).

### 2.5 Расчет режимов сварки

Расчет режимов сварки будут рассчитаны для тройника с приварными кольцами типоразмерами 219x8 мм в среде защитных газов, используя постоянный ток с обратной полярностью и проволокой диаметром 1.2 мм.

С притуплением  $E = 2$  мм, силой тока  $I_{св} = 140$  А,  $U_{д} = 24$  В, зазор  $p = 1,5$  мм, углом разделки  $\alpha = 60^{\circ}$ .

Шов изображен на рисунке 2.8

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 27   |

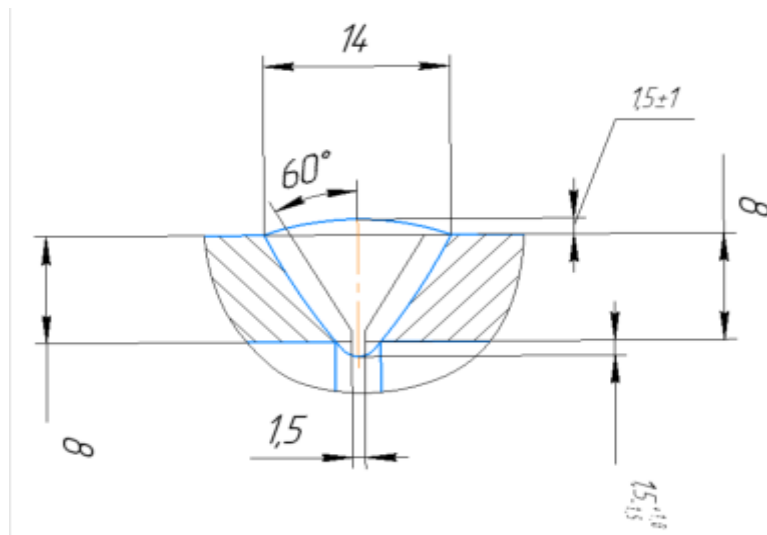


Рисунок 2.8 – Сварочный шов

Примем  $I_{св}=140\text{А}$  для обеспечения необходимой глубины провара.

Выбираем диаметр электрода 1,2 мм, тогда плотность тока составит величину  $j = 123,78 \text{ А/мм}^2$ , что соответствует допустимым значениям плотности тока для данного диаметра проволоки.

Оптимальным напряжением на дуге примем 24 В

Назначаем скорость сварки  $v_{св} = 0,5 \text{ см/с}$

Рассчитываем значение погонной энергии по формуле (2):

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{св} \cdot \eta_u}{v_{св}} \quad (2)$$

Для сварки в среде защитных газов постоянным током обратной полярности значение коэффициента  $\eta_u$  примем равным 1.

Отсюда:

$$q_n = \frac{0,24 \cdot 140 \cdot 24 \cdot 1}{0,5} = 1612,8 (\text{кал/см})$$

Определяем значение коэффициента формы шва по формуле (3):

$$\psi_{np} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{э} \cdot U_{Д}}{I_{св}} \quad (3)$$

Где для постоянного тока обратной полярности коэффициент  $k' = 0,367j^{0,1925} = 0,93$

Отсюда:

$$\psi_{np} = 0,93 \cdot (19 - 0,01 \cdot 140) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{140} = 3,27$$

Глубину провара  $H_{np}$  определяют по формуле (4):

$$H_{np} = 2 \sqrt{\frac{q_n}{\pi e c \gamma T_{nl} \psi_{np}}} = A \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \quad (4)$$

Где коэффициент  $A = 2 \sqrt{\frac{1}{\pi e c \gamma T_{nl}}}$  – зависит только от теплофизических свойств сварочной проволоки и свариваемых деталей. В рассматриваемом примере мы свариваем в среде защитных газов сталь 13ХФА проволокой Св-08ХМФА, поэтому выбрали  $A = 0,0165 \sqrt{\frac{см^3}{кал}}$ .

$H_{np}$  находится по формуле (5):

$$H_{np} = 0,0165 \sqrt{\frac{1612,8}{3,27}} = 0,36(см) = 3,6(мм) \quad (5)$$

Находим ширину шва по формуле (6):

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | 29   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

$$B = H_{\text{пр}} \cdot \Psi_{\text{пр}} = 3,6 \cdot 3,27 = 11,77 \text{ мм} = 1,17 \text{ см} \quad (6)$$

Назначаем нормальный вылет электрода равный 10 диаметрам электрода, то есть 1,2 см.

Определяем площадь поперечного сечения наплавленного металла  $F_H$ , по формуле (7):

$$F_H = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}} (1 - \psi_{\text{П}})}{3600 \gamma v_{\text{св}}} = 0,11 \text{ см}^2 = 11 \text{ мм}^2 \quad (7)$$

Коэффициент потерь для сварки в защитных газах приняли равным:

$$\Psi_{\text{П}} = 10\% = 0,1$$

$\alpha_p$  – коэффициент расплавления складывается из двух составляющих:

$$\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p$$

Где  $\alpha_p$  – составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;  $\Delta\alpha_p$  – составляющая, обусловленная тепловложением, от предварительного подогрева на вылете электрода протекающим по нему сварочным током, г/Ач.

При сварке постоянным током обратной полярности составляющая коэффициента расплавления:

$$\alpha'_p = 11,6 \text{ г/Ач}$$

Величину второй составляющей  $\Delta\alpha_p$  вычисляем по формуле (8):

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 Q_{n.n}}{q_{\text{э}} I_{\text{св}}} \quad (8)$$

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | 30   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

Где  $Q_{п.п}$  - количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки, протекающим по нему током, кал;  $q_3$  - количество теплоты необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки ( $q_3 \sim 325$  кал/г).

Значение  $Q_{п.п}$  рассчитываем по формуле (9):

$$Q_{n.n} = 0,1884 j^2 \rho_0 d_3^2 \left[ \frac{v_3 \cdot (e^{-\rho^2-1})}{\alpha \cdot \alpha \cdot \beta} - \frac{\alpha(T_{пл} - T_0)}{p_1} \right] \quad (9)$$

Где  $j$  – плотность тока в электроде, А/см<sup>2</sup>;

$\rho_0$  – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки;

$d_3$  – диаметр электродной проволоки, см;

$v_3$  – условная скорость подачи электрода, см/с (скорость плавления электродной проволоки при нулевом вылете, без добавки  $\Delta\alpha_p$ );

$a$  – коэффициент температуропроводности, см<sup>2</sup>/с;

$\beta$  – коэффициент, равный  $0,24j^2\rho_0/ac\gamma$ ;

$c$  – теплоёмкость, кал/г °С;

$\gamma$  – плотность, г/см<sup>3</sup>;

$l_3$  – вылет электрода, см;

$T_{пл}$  – температура плавления проволоки, °С;

$T_0$  – начальная температура проволоки, °С;

Найдем  $Q_{п.п}$ :

$$Q_{n.n} = 0,1884 \cdot 63,69^2 \cdot (14 \cdot 10^{-6})^2 \cdot \left[ \frac{2,63 \cdot (e^{1,04 \cdot 2 - 1})}{0,0083 \cdot 0,087 \cdot 1253,46} - \frac{0,0083(1500 - 0)}{-29,9} \right] = 11,10(\text{кал})$$

Получив это значение подставляем его в формулу (10) и находим  $\Delta\alpha_p$ :

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | 31   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 11,10}{325 \cdot 140} = 0,88(\text{г} / \text{Ач}) \quad (10)$$

Таким образом  $\alpha_p = \alpha'_p + \Delta\alpha_p = 11,6 + 0,88 = 12,48 \text{ г/Ач}$

Определяем усилие валика по формуле (11):

$$C = \frac{F_n}{0,73 \cdot 1,17} \quad (11)$$

Отсюда:

$$C = \frac{0,11}{0,73 \cdot 1,17} = 0,23(\text{см})$$

Таким образом имеем:

– общая высота шва  $D = H + C = 3,6 + 1,3 = 4,9 \text{ мм}$

– ширина шва  $B = 1,17 \text{ см} = 11,7 \text{ мм}$

– Глубина провара  $H_{\text{пр}} = 0,36 \text{ см} = 3,6 \text{ мм}$

– площадь наплавов металла  $F_n = 0,11 \text{ см}^2 = 11 \text{ мм}$

Зазор между пластинами  $p = 1,5 \text{ мм}$ , глубина скоса кромок  $h = 6 \text{ мм}$

угол скоса кромок  $\alpha = 60^\circ$

Нужно найти усиление шва в треугольнике по формуле (12):

$$F_n = (h_{\Delta}^2 \cdot 0,577) + 4,9 \cdot 1,5 \quad (12)$$

$$11 - 7,35 = h_{\Delta}^2 \cdot 0,577$$

$$h_{\Delta}^2 = \frac{3,65}{0,577}$$

$$h_{\Delta}^2 = 6,32 \text{ мм}$$

$$h_{\Delta} = 2,5$$

Из этого следует, что  $h_{\Delta} = C_4$ , поэтому глубина провара по формуле (13)

$$H_4 = 4,9 - 2,5 = 2,4 \text{ мм} \quad (13)$$

Полученная глубина проплавления на 0,4 мм превышает величину притупления. Это допустимо, поскольку обеспечивает небольшое усиление шва с внутренней стороны.

## 2.6 Выбор сварочного оборудования

В условиях АО "Трубодеталь" хорошо себя показал робот KUKA KR 30–3. Он справлялся с трудными задачами в других цехах предприятия. Робот продемонстрирован на рисунке 2.9



Рисунок 2.9 – Сварочный робот KUKA KR 30–3

Преимущества и функции робота: низкие эксплуатационные затраты, прочность, высокое качество, точность траектории, гибкость, оптимизация пространства.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 33   |

Характеристика робота представлены в таблице 2.9

Таблица 2.9 – Характеристики робота

| Наименование                 | Характеристика         |
|------------------------------|------------------------|
| Система управления           | KR C4                  |
| Максимальный радиус действия | 2033мм                 |
| Полезная нагрузка            | 30кг                   |
| Дополнительная нагрузка      | 35кг                   |
| Количество осей              | 6                      |
| Стабильность повторяемости   | $\leq \pm 0,06$ мм     |
| Вес установки                | 665кг                  |
| Монтаж                       | на полу или на потолке |

Характеристики системы управления KR C4: интегрированные системы в единой системе управления RobotControl, LogicControl и SafetyControl; взаимодействие с другими специализированными системами и обмен данными; список утвержденных стандартов обслуживания, технология управления с помощью базы ПК, совместимость с другими программами; многоядерный процессор, обмен данными через интернет, сильный вентилятор, сетевое напряжение от 380 до 480 В, небольшие размеры, центральный сетевой сервис.

Благодаря съемной головке этот робот может выполнять различные задачи, включая сварку. Для сварки требуется сварочная головка (рисунок 2.10) с выходом проволоки и защитного газа.





Рисунок 2.10 – Сварочная горелка для промышленного робота

Abicor Binzel Abitig Wh 400 W – горелка для автоматической сварки в среде защитных газов с автоматическим гидроохлаждением, для среды защитных газов с автоматическим гидроохлаждением, для электродной проволоки диаметром не более 5 мм основной характеристикой является стабильная подача сварочного материала и защитного газа.

На рисунке 2.11 изображено устройство сварочной горелки с подачей защитного газа

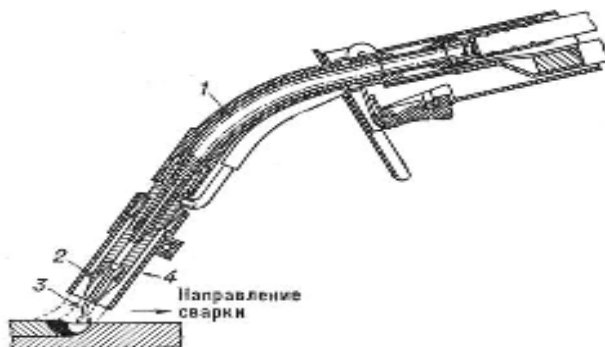


Рисунок 2.11 – Устройство сварочной горелки с подачей защитного газа

Охлаждающее устройство горелки Kemract Cool 10. Номинальная мощность 250 кВт, мощность охлаждения 1 кВт, максимальное давление 450 кПа, рекомендуется водяной охлаждение, вес 13 кг.

В качестве источника питания используется сварочный инвертор АОТАИ TIG1000 (рисунок 2.12). Данный инвертор подходит как для роботизированной, автоматической сварки, так и для РДС. Регулировка сварочного тока от 60 до 1000 А, напряжение сети 380 В, вольтамперная характеристика жесткая.

Аппарат имеет регулируемый форсаж дуги, горячий старт, а также дополнительные выходы для газа.



Рисунок 2.12 – источник питания АОТАИ TIG1000

## 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

### 3.1 Способы и средства контроля качества

Для проверки сплошности и однородности сварных соединений используют методы неразрушающего контроля. Данные методы позволяют оценить форму, тип, геометрию и габариты дефекта без повреждений образца на, практически, любой глубине залегания.

Для проверки качества сварного соединения используют три вида неразрушающего контроля.

Визуально–измерительный метод контроля. Данный метод контроля позволяет оценить поверхностные дефекты: поры, подрезы, трещины, прожоги и тому подобное, а так же форму шва: усиление, ширину, чешуйчатость и прочее.

Ультразвуковой метод контроля. С помощью высококачественных звуковых волн, данный метод позволяет обнаружить внутренние дефекты: несплошности и включения. Но по данному методу нельзя отличить дефекты, только их габариты и места нахождения.

Радиографический метод контроля. Данный метод контроля, идет как вспомогательный для УЗК контроля, так как УЗК контроль иногда может не показывать всех дефектов. Радиографический контроль основан на проникновении рентгеновских лучей через разные материалы и среды, позволяет определить не только точное положение дефектов, но и их тип. Данный метод наиболее чувствителен и позволяет обнаружить микротрещин, поры и шлаковые включения.

Визуально–измерительный контроль сварных соединений помогает определить качество сборки заготовок. Это самый распространенный метод, с которого начинается практически любой другой контроль. Его редко используют, как основной способ в профессиональной сфере, но им никогда не пренебрегают. Он весьма информативен и помогает сразу определить, имеются ли явные дефекты в исследуемом месте. Невооруженный глаз специалиста способен обнаружить оплошность размером около 0,1 мм.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 37   |

При использовании оптических приборов точность контроля становится намного выше. Как правило, максимальное увеличение приборов составляет 20 крат.

Во время исследования осмотру подвергается не только сам шов, но и область основного металла возле него, так как температурное воздействие, которое на нее оказывалось, может вызвать различные виды брака. Некоторые из разновидностей обнаруженных дефектов могут быть исправлены и тогда заготовка подвергается другим видам неразрушимого контроля сварных соединений. Иногда требуется переделывать все заново.

Преимущества визуально–измерительного контроля

ВИК является самым дешевым методом:

- здесь не требуются реактивы и прочие расходные материалы;
- возможно определить основную массу бракованных соединений;
- стал отличным предварительным методом, предшествующим практически любому другому;
- скорость проведения является достаточной высокой;
- здесь не требуется обладать специальными навыками.

Недостатки:

Визуальный контроль сварочных соединений помогает обнаружить только наружные дефекты, тогда как внутренние могут оставаться скрытыми;

Результаты фиксируются исключительно вручную, и то при условии использования измерительных приборов.

Также существует ряд нормативных документов, по которым проводится визуальный метод контроля качества сварных швов. Это не только ГОСТ 23479–79, в котором указаны требования к методам оптического неразрушающего контроля. Это может быть и РД 34.10.130–96 и инструкция по измерительному и визуальному контролю, РБ 089–14 – руководство безопасности во время проведения контроля сварных соединений и так далее.

### *3.1.2 Метод ультразвуковой дефектоскопии*

Данный метод относится к акустическому виду неразрушающего контроля ГОСТ 3242–79, применяется при толщине металла шва не менее 4 мм. Он основан на использовании ультразвуковых волн, представляющих собой упругие колебания материальной среды с частотой выше 0,5–0,25 МГц (выше той, которую способны воспринимать слуховые органы человека).

В этом методе контроля ГОСТ Р 55724–2013 используется способность ультразвуковых волн отражаться от границы раздела двух сред, обладающих разными акустическими свойствами. Когда при прохождении через сварной шов ультразвуковые волны встречают на своем пути дефекты (трещины, поры, шлаковые включения, расслоения и т. д.), они отражаются от границы раздела металл–дефект и могут быть зафиксированы при помощи специального ультразвукового дефектоскопа.

### *3.1.3 Метод радиографического контроля*

Метод радиографического контроля производится после устранения обнаруженных при внешнем осмотре сварного соединения наружных дефектов и зачистки его от неровностей шлака, брызг металла, окалина и других загрязнений, изображения которых на снимке могут помешать его расшифровке. Только при отсутствии недопустимых дефектов, выявленных внешним осмотром, возможно просвечивание. Устранив наружные дефекты, приступают к разметке сварного соединения на участки. Разметку производят в зависимости от протяженности сварного шва. Длина участков устанавливается из расчета обеспечения выявления дефектов без существенных искажений.

Радиографический контроль применяется для выявления в сварных швах трещин, непроваров, шлаковых включений и газовых пор. Трещины, непровары в трубах ремонту не подлежат. Трубы, имеющие такие дефекты, бракуются. В металле шва на участке длиной 150 мм допускается: одиночные шлаковое включение размером 6X1 5 мм; два шлаковых включения размером 3X1 5мм; находящихся на расстоянии 75 мм от одного до другого; три

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 39   |

шлаковых включения размером 2X1 5 мм на расстоянии 30 мм друг от друга. Одиночные газовые поры допускаются до 3 мм. Две газовые поры диаметром 0,8 мм и менее могут находиться на расстоянии друг от друга по их диаметру.

Радиографический контроль основан на использовании свойств радиоактивных излучений. Этот метод основан на способности рентгеновских и гамма-лучей проходить через материала как через полупрозрачные тела с регистрацией дефектов на магнитографическую пленку. Под действием излучения на пленке образуется скрытое изображение, которое становится видимым после фотообработки в проявителе и закрепителя. Для сокращения времени просвечивания, и обеспечения лучшей выявляемости дефектов используют флуоресцентные и металлические экраны.

### 3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

Дефекты, появившиеся при сварке, в той или иной степени, влияют на работоспособность сварного соединения. И принимая решение о пригодности, или непригодности данного сварного соединения, учитывают все факторы, которые могут повлиять на допустимость или недопустимость дефекта в сварном шве. При этом принимают во внимание такие обстоятельства, как:

- Геометрия и габариты в сварной конструкции, в целом, и дефектного сварного соединения, в частности.
- Напряжения, возникающие в конструкции. При этом, учитывают не только действие максимальных распределенных нагрузок, но и действие остаточных напряжений при сварке.
- Вид сварного дефекта. А также его влияние и место его возникновения.
- Механические свойства сварного соединения. Это предел прочности, текучести, ударная вязкость, пластичность, сопротивляемость коррозии, сопротивление усталостному разрушению.
- Условия, при которых изделие эксплуатируется. В основном, это характер окружающей среды.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 40   |

– Функции, которые должны выполнять изделия. Существует даже термин: "пригодность для данной цели". То есть один и тот же дефект в сварном шве может быть допустим для выполнения одной задачи, и недопустим для выполнения другой.

Для принятия решения о допустимости дефектов того или иного типа и величины, необходимо, чтобы измерительная способность прибора для контроля дефектов была выше, чем допустимая величина дефекта. То есть, если в сварочном шве допускаются дефекты величиной не более 2 мм, то нельзя использовать для контроля этого шва прибор, с измерительной способностью 5 мм.

Для того, чтобы определить максимальную величину допустимого дефекта, что дефекты сварных швов увеличивают, главным образом, способность стали к усталостному и хрупкому разрушению.

Для разрушений такого вида, наибольшую опасность представляют плоскостные дефекты такие как: микротрещины, макротрещины, непровары. В случае их выявления, нужно обратить внимание не только на максимальные размеры отдельно взятых дефектов, но и на их взаимное расположение и на их количество.

Опасность плоскостных дефектов заключается в том, что они являются концентраторами высоких напряжений из-за отсутствия радиуса закругления у трещин. Пространственные дефекты, такие, как поры, газовые пузыри или какие-либо включения имеют какой-либо радиус закругления у трещин. Пространственные дефекты, такие, как поры, газовые пузыри или какие-либо включения имеют какой-либо радиус закругления, поэтому, представляют собой меньшую опасность, даже при большом количестве.

При маленьком закруглении у основания трещины для того, чтобы оценить действующие в ней напряжения, применяют коэффициент интенсивности напряжений  $K_1$ , позволяющий оценить механику разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений возможно определить в том

случае, если напряжение, необходимо для разрушения, меньше предела текучести материала. Определяется он по формуле (14):

$$K_1 = \left( \frac{\sqrt{a}}{Q} \right) \cdot (\sigma_m \cdot M_m + \sigma_B \cdot M_B) \quad (14)$$

где  $a$  – величина (высота) наружного дефекта или половина величины внутреннего дефекта;

$\sigma_m$  – напряжение при растяжении;

$\sigma_B$  – напряжение при изгибе;

$M_m$  и  $M_B$  – коэффициенты, величины которых определяются отношением величины дефекта к толщине детали и расположением дефекта;

$Q$  – коэффициент, зависящий от формы дефекта.

### 3.3 Оборудование для контроля качества

#### 3.3.1 Инструменты для проведения ВИК

Когда проводится визуальный и измерительный контроль сварных соединений, то для этого могут использоваться дополнительные инструменты, которые помогут зафиксировать точное положение и размеры обнаруженных дефектов, а также определить параметры шва. Ведь неровность его поверхности, а также слишком большая или малая высота также могут относиться к дефектам.

Среди используемых инструментов можно отметить рисунок 3.1:

Щуп – бесшкальный измерительный инструмент, который имеет ряд пластин определенного размера, по которым можно определить соответствие заготовки заданным параметрам;

Штангенциркуль – инструмент с тремя видами измерения, который может помочь измерить внешние и внутренние размеры, в том числе и диаметр, а также глубину пор и трещины;

Лупа – оптический инструмент, которая обладает определенной величиной кратности и помогает увеличить внешние дефекты для их лучшего обнаружения;

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 42   |



Металлическая линейка – один из самых простых и часто используемых инструментов измерения, который используется в данной области;

Угломер – позволяет определить угол соединения и относительное расположения свариваемых деталей.



Рисунок 3.1 – Инструменты для визуального контроля сварных швов

### 3.3.2 Инструменты для проведения УЗК контроля

При данном контроле используется ультразвуковые волны, которые представляют собой упругие колебания материальной среды. И в этом помогает ультразвуковой дефектоскоп УД2–70 (рисунок 3.2)



Рисунок 3.2 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2–70

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

УД2–70 – это точный, портативный ультразвуковой измеритель, предназначенный для обнаружения дефектов и их характеристик в основном металле трубопровода и сварных соединений. Благодаря своим маленьким габаритам может быть использован в сложных, стесненных условиях, также удобен при поездках и командировках. Большой дисплей, отличные технические параметры, высокая производительность обеспечивают точность измерений.

Характеристика дефектоскопа приведена в таблице 3.1

Основные преимущества дефектоскопа:

- малые габариты;
- построение АРД диаграмм;
- два независимых строга АСД;
- иммерсионный режим работы;
- В–Скан;
- прочный алюминиевый корпус;
- возможность подключения внешних USB устройств;
- большой цветной дисплей с высокой контрастностью и разрешающей способностью;

Комплектация:

- Электронный блок ультразвукового дефектоскопа
- УЗ ПЭП;
- кабель соединительный (УЗ ПЭП / электронный блок);
- кабель соединения (компьютер / электронный блок);
- аккумуляторный блок (встроенный);
- резервный аккумуляторный блок (АБП–70)
- зарядное устройство (АЗУ–ЗЛ)
- программное обеспечение (UD2–70);
- чехол для электронного блока;
- головные телефоны;
- сумка для переноски

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | 44   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

Таблица 3.1 – Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа

| Наименование  | Характеристика   |
|---|--|
| Рабочие частоты, МГц  | 0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0                         |
| Диапазон контроля по стали:   | от 2 до 5000 мм  |
| Диапазон устанавливаемых скоростей УЗ колебаний:                          | от 100 до 15000 м/с                                    |
| Частота повторения зондирующих импульсов:                                 | 30; 60; 120; 250; 500; 1000 Гц                         |
| Диапазон регулировки усиления:  | от 0 до 100 дБ с дискретностью 0,5; 1,0 дБ             |
| Отсечка:  | линейная, компенсированная, от 0 до 100% высоты экрана |
| Развёртка:  | тип А, В   |
| Диапазон задержки развёртки:  | от -30 до 5000 мм                                      |
| Погрешность измерения глубины залегания дефектов:                         | $\pm(0,5 + 0,02H)$ мм                                  |
| Дискретность измерения расстояний:  | 0,1 мм   |
| Погрешность измерения отношений амплитуд сигналов:                        | $\pm(0,2 + 0,03 N)$ дБ                                 |
| Диапазон регулировки ВРЧ:   | от 0 до 80 дБ  |
| Память – настроек – изображения развёртки типа А – значений глубиномера : | 400 400 4000   |
| Интерфейс связи с компьютером:  | USB  |
| Размер рабочей части экрана:  | 111,4 x 83,5 мм  |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

15.03.01.2020.141.00 ПЗ

Лист

45

Продолжение таблицы

| Наименование  | Характеристика         |
|---|------------------------|
| Диапазон рабочих температур:  | -10...+50 °С           |
| Электрическое питание: –<br>аккумуляторное – сеть переменного<br>тока | 12 В; 220 В 50 Гц      |
| Время непрерывной работы:   | не менее 14 ч          |
| Степень защиты корпуса:   | IP 64                  |
| Габаритные размеры (без ручки для<br>переноса):                       | не более 245x77x145 мм |
| Масса электронного блока:   | не более 2,2 кг        |

*3.3.3 Инструменты для радиографического контроля*

РАП 160–5 – это универсальное портативное рентгеновское устройство постоянного потенциала направленного действия (рисунок 3.3). Он используется в качестве источника ионизирующего излучения для рентгеновского контроля изделий из различных материалов, сварных соединений и литья в лабораторных, мастерских и полевых условиях. Максимальное анодное напряжение 160 кВ.

Данный аппарат состоит из блока излучателя, блока питания и миниатюрной панели управления. Дистанция между аппаратом и панелью управления может достигать до 100 метров, что позволяет сохранять безопасное расстояние для оператора во время работы прибора. РАП 160–5 приходится аппаратом легкого класса и универсального назначения.



Рисунок 3.3 – РАП 160–5 рентгеновское устройство

Характеристика устройства приведена в таблице 3.2

Таблица 3.2 – технические характеристики РАП 160–5

| Наименование                             | Характеристика |
|--|----------------|
| Максимальное анодное напряжение          | 160 кВ         |
| Диапазон регулировки анодного напряжения | 40 – 160 кВ    |
| Диапазон регулировки анодного тока       | 0,4 – 0,5 мА   |
| Размер фокусного пятна                   | 1,2 x 1,2 мм   |
| Угол раствора рабочего пучка             | 40°            |

Продолжение таблицы

|  |   |
|--|---|
| Номинальная толщина просвечивания (Al) | 66 мм<br>при условиях: F=700 мм, D=2, плёнка типа D4 без усиливающих экранов, время экспозиции 300 с, автом. обработка, G135, +26,5 °С, цикл 6,5 мин                          |
| Масса пульта управления                | 0,3 кг  |
| Номинальная толщина просвечивания (Fe) | 11 мм<br>при условиях: F=700 мм, D=2, плёнка типа D7 со свинцовыми усиливающими экранами 0,05–0,09 мм, время экспозиции 300 с, автом. обработка, G135, +26,5 °С, цикл 6,5 мин |
| Мощность экспозиционной дозы           | не менее 0,14 Гр/мин при анодном напряжении 160 кВ и токе анода 3,5 мА на расстоянии 0,5 м от выходного окна  |
| Электропитание                         | однофазная сеть переменного тока, 50/60 Гц, 220 В   |
| Полная потребляемая мощность           | не более 1,7 кВА  |
| Габариты излучателя                    | 320×200×390 мм  |
| Масса излучателя                       | 16 кг   |
| Габариты блока питания                 | 305×270×210 мм  |
| Масса блока питания                    | 8 кг  |
| Габариты пульта управления             | 175×85×25 мм  |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

15.03.01.2020.141.00 ПЗ

Лист

48

### 3.4 Методика контроля

ВИК контроль:

Физические основы визуально оптического метода контроля обеспечивают определение первичной информации о том, какими качествами может обладать соединение. Если изделия надежно сварены и не имеют дефектов, то они обладают примерно такими же качествами, как и основной металл. Чем больше дефектов, тем ниже надежность соединения. Благодаря своей простоте и отсутствию какой-либо стоимости на расходные материалы, метод позволяет определиться с явными дефектами, которые можно исправить еще до проведения других способов контроля.

Существуют различные виды сварных швов и соединений, но практически ко всем из них применяется визуальный осмотр. В профессиональной сфере он не используется как основной, за счет невозможности определить внутреннее состояние шва, но все равно всегда используется, чтобы не подвергать дорогостоящими методами контроля явно бракованные изделия. После того, как будет пройдена профессиональная проверка, составляется акт визуального контроля сварных швов.

Требования к сварным швам.

Акт визуального осмотра сварных швов, образец которого выдается специалисту проводящему данный осмотр, должен содержать все важные данные о конкретном исследуемом объекте. Это очень важно, когда контролю поддается один или несколько образцов из серии. Он должен соответствовать основным требованиям, выдвигаемым к такому типу соединений. Высота валика и ширина должна быть в заданных пределах, он должен выглядеть однородной, а в зависимости от типа определяется наличие или отсутствие чешуек. Должны отсутствовать поры, раковины, трещины, сколы не проваренные места.

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | 49   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |      |

Этапы контроля:

Первым делом, шов подготавливается к осмотру. С него очищается шлак, стираются брызги металла, а так же зачищается поверхность до металлического блеска.

Далее следует осмотр невооруженным взглядом, который помогает бегло проверить качество соединения. В таком случае можно обнаружить только наиболее явные дефекты.

Далее проводится осмотр при помощи дополнительных инструментов, которые могут дать точные данные о полученном соединении.

Если параметры соответствуют требованиям, то изделие допускается к работе, если нет, то обнаруженные дефекты фиксируются и вносятся в акт.

Возможности метода

Естественно, что это не идеальный способ и прежде всего нужно разобраться, что определяет выбор визуального метода контроля. Сразу следует отметить, что это исключительно поверхностные недостатки. Среди них:

- Поры;
- Трещины и макротрещины;
- Раковины;
- Сколы;

Недостаточный уровень проварки проверяется прибором УШС. Им можно измерять зазоры (рисунок 3.4), смещения (рисунок 3.5), углы скоса кромок и диаметра электрода.



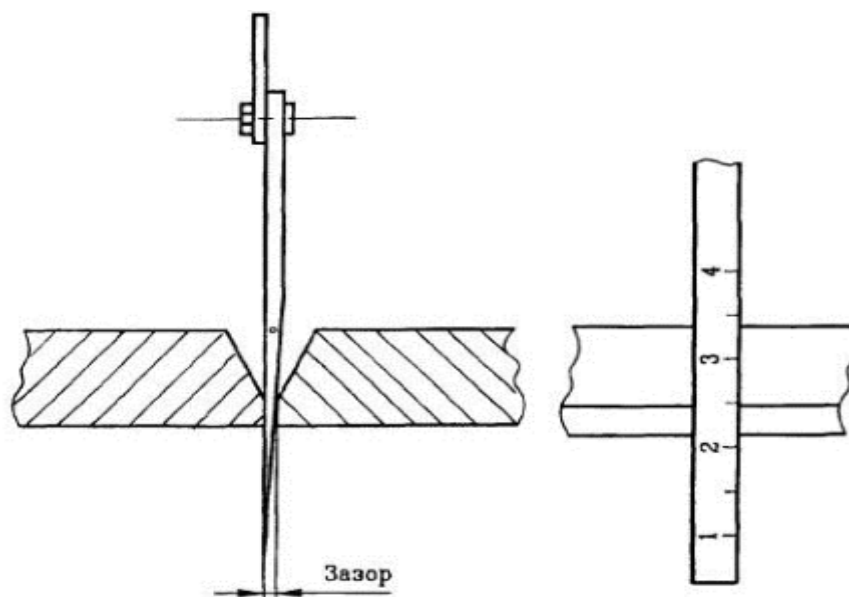


Рисунок 3.4 – Схема измерения зазора сварного шва

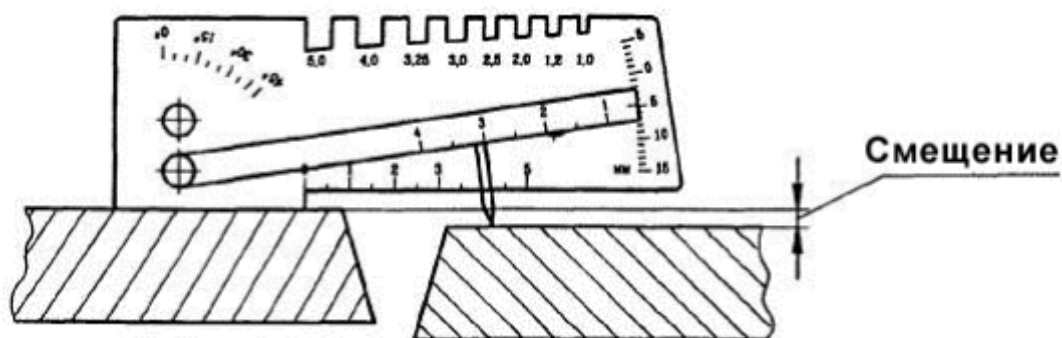


Рисунок 3.5 – Схема измерения смещений при сварке швов

Несмотря на свою простоту и ограниченность в определении дефектов этот метод стал самым распространенным и часто используемым во всей области. Его, с различной степенью сложности, применяют как на производстве, так и в частной сфере. Благодаря ему можно выявить недостатки соединений намного раньше, чем другими способами

УЗК контроль:

Данный вид контроля шва позволяет определить расстояние до дефекта по временной шкале распространения отражения, размер амплитуды и ширины акустической волны.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

При контроле сварных соединений чаще всего используются эхо – импульсный метод, остальные ввиду сложных настроек и неудобного оборудования, используются реже.

При эхо – импульсном методе чаще всего используют один дефектоскоп, параметрами которого обусловлено направление, применяя ультразвукового контроля. Технология отражения происходит путем отсвечивания отражения от участков дефектов в сварном шве. Когда допускается прохождение волн напрямую, участок соединения считается нормальным, если происходит отражение, возврат волны к дефектоскопу, это место помечается как дефект.

При эхо – импульсном методе применяют совмещенную (рисунок 3.6), раздельную (рисунок 3.7 и 3.8) и раздельно – совмещенную (рисунок 3.9 и 3.10). схемы включения преобразователей.

Схемы включения преобразователей:

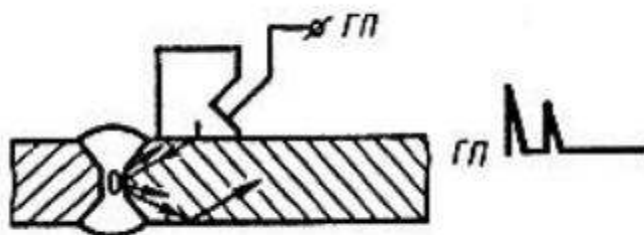


Рисунок 3.6 – Совмещенная схема подключения

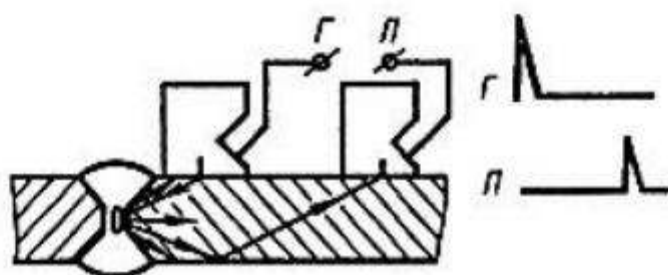


Рисунок 3.7 – Раздельная схема подключения

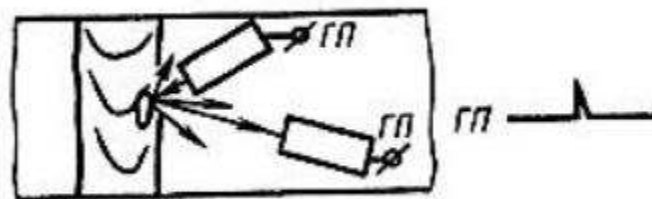


Рисунок 3.8 – Раздельная схема подключения

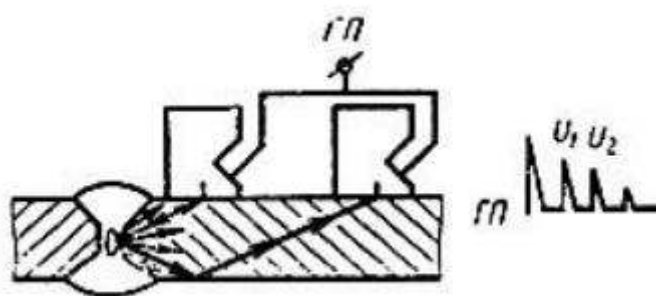


Рисунок 3.9 – Раздельно – совмещенная схема подключения

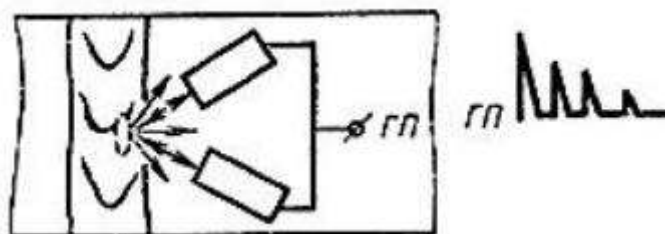


Рисунок 3.10 – Раздельно – совмещенная схема подключения

Радиографический контроль:

Методика радиографического контроля очень схожа с рентгенографией, которую многие из нас делают в больницах. Вначале контроллер или лицо, которое несет ответственность, вносят необходимые настройки аппарата, учитывая все нюансы. Главное, что влияет на конечный результат – это плотность металла.

Следующий этап – это подготовка сварочного соединения к контролю. Для этого нужно удалить шлак, зачистить металл от брызг, а также

обработать валик шва. Затем аппарат помещается на соединение, шов должен быть между излучателем и пленкой. Когда включается излучатель, лучи приходят сквозь металл и отражаются на пленке.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 54   |

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

При работе сварщик подвергается нескольким опасностям, которые можно предотвратить, если строго соблюдать обыкновенную технику безопасности. Наряду опасностей являются:

- ожоги от брызг расплавленного металла;
- излучение, вредное для сетчатки глаза и кожи, которое происходит от дуги;
- немало вероятные взрывы емкостей при работе вблизи взрывоопасных веществ;
- поражающий фактор электродом
- сварочный аэрозоль, газы, пыль

Поэтому при выборе сварочных материалов наряду с их технологических и эксплуатационных характеристик нужно руководствоваться и гигиеническими соображениями. Выбирая электроды, следует выбирать электроды, которые характеризуются наименьшим выделением токсичных веществ.

Также сварщик испытывает психологические нагрузки из-за необходимости тщательного наблюдения за зоной сварки, в напряжении зрения из-за высоких требований к точности движения и перемещения электрода при сварке. Часто сварку выполняют в вынуждающей позе, сидя на корточках, лежа на боку, спине и т.п., что вызывает перенапряжение в мышцах тела. В процессе изготовления деталей с кольцами необходимо соблюдать требования охраны труда и промышленной безопасности в соответствии с инструкциями по охране труда, указанными в операционных картах данного технологического процесса, требования производственной санитарии, пожарной и промышленной безопасности, правила внутреннего трудового распорядка. В обязательном порядке должны соблюдаться следующие инструкции: ИОТ № 1, ИОТ № 3, ИОТ № 21, ИОТ № 31, ИОТ № 155, И.46–44.7, И.46–44.4, И.46–44.5, И.46–44.6.

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  | 55   |

Рабочие при работе должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями согласно «Номенклатуре спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений для рабочих и специалистов АО «Трубодеталь», пользующихся правом на бесплатное получение СИЗ.

#### 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

Во время работы сварщик обязан:

- закрывать лицо щитком или шлемом со специальным защитным остеклением;
- работать только в спец одежде и в рукавицах для защиты от ожогов;
- работать в специальном отведенном месте, которое отгораживается защитными экранами для защиты других рабочих от действия сварочной дуги.

Баллоны, которые наполнены инертными газами и рассчитанные на давление 14,7 МПа. При неправильном обращении данные баллоны могут быть взрывоопасными. Баллоны необходимо предохранять от:

- ударов друг о друга;
- транспортировка баллонов происходит на специальных тележках или носилках;
- нельзя переносить баллоны на руках, так как случайное падение может привести к ушибам и ранениям, а в случае взрыва баллона от удара к более тяжелым последствиям, а так же к летальным.
- на местах работ баллоны устанавливаются вертикально и предохраняют от случайного падения цепями, либо хомутами;
- необходимо изолировать баллоны от попадания прямых солнечных лучей и других источников теплоты, которые могут вызвать повышение давления газа до взрывоопасного;
- открывать вентиль баллона плавно, рукой, без рывков, ну, или в крайнем случае, ключом с коротким рычагом. Если не удалось открыть баллон его нужно вернуть на склад с пометкой "Неисправен";

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |  | 56   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

– хранить и транспортировать баллоны можно только с защитными колпаками, которые надернуты на них до отказа.

В процессе сварки открытой дугой необходимо предохранять части тела и из-за этого сварщик должен работать в брезентовой спецодежде, головном уборе и в сапогах или ботинках.

Расплавленные капли (брызги) опасны при попадании в рукава, карман куртки, сапоги и т.д. Поэтому брюки не разрешено заправлять в сапоги, куртку нужно надевать навывпуск.

#### *4.2.1 Обеспечение санитарно–гигиенических условий труда*

В целях безопасности должны соблюдаться санитарно–гигиенические условия труда. Поэтому в цехе должно быть наличие одного или более санитарных узлов, где обеспечивается бесперебойная подача как горячей, так и холодной воды, душевая кабинка и раковина. Особое внимание нужно уделить также вентиляции для нейтрализации токсичных компонентов сварочного аэрозоля.

#### *4.2.2 Обеспечение электрической безопасности*

Это одно из самых главных требований безопасности, так как электрический ток опасен для человека. Опасность таится в протекании тока через тело человека в том, что при этом возможно поражение организма в целом или отдельных органов. Основные виды поражения: ожоги от электрической дуги, электрический удар при прикосновении к частям, где протекает ток. Наиболее опасны электрические удары, потому что они сопровождаются появлением у человека судорог, потери сознания, сильной слабостью, а также прекращению работы дыхательной системы и кровообращению.

Факторы, которые влияют на исход удара электрическим током являются:

- величины силы тока, его частота и напряжение;
- повышенная температура окружающей среды;
- утомление, алкогольное опьянение.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 57   |

– род тока, наиболее опасным считается переменный ток промышленной частоты от 50 до 60 Гц;

– длительность прохождения тока через тело;

Для установки степени опасности нужно руководствоваться не на безопасный ток, а на напряжение. Безопасным напряжением в сухих помещениях, сухой одежде и обуви считается напряжение в 36 В, а в сырых 12 В.

Как написано выше опасность поражения возникает при соприкосновении с частями, которые проводят электрический ток или при соприкосновении металлических частей, которые случайно оказались под напряжением. Поэтому всех корпуса сварочных генераторов, трансформаторов следуют обязательного заземления.

Не допускается работа со сварочными агрегатами, которые не были проверены на отсутствия замыкания на корпус и на целостность заземляющего провода.

Сварщикам не разрешается подключать к сети и отключать от сети электросварочные агрегаты, а также ремонтировать их. Монтаж и ремонт данных оборудования разрешается проводить только специально обученным, квалифицированным специалистам. Сварщикам категорически запрещается исправлять силовые электрические цепи.

При отлучке от рабочего места, перерыве подачи электроэнергии, при обнаружении неисправности во время работ, вдобавок при чистке агрегата и уборке рабочего места сварщик должен выключить сварочный агрегат.

#### *4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности*

Сварщику запрещается проводить работы вблизи с взрывоопасными и огнеопасными материалами с такими как: бензин, ацетон, спирт и т.д).

Запрещается загромождать, закрывать пожарные проходы и проезды к противопожарному инвентарю, оборудованию и пожарным кранам.

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 58   |



Сварщику нужно уметь пользоваться средствами огнетушения и применять их в соответствии с инструкциями в зависимости от горящего вещества и вещества огнетушителя.

#### 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

Погрузка – разгрузка транспортных средств в цехах с применением мостовых кранов, при межцеховых перевозках должна выполняться в соответствии с технологической картой №14 из АТТК 001 "Альбом типовых технологических карт погрузочно–разгрузочных работ транспортных средств и подвижного состава" АО "Трубодеталь".

Графические изображения способов строповки, кантовки, складирования грузов, а также перечень применяемых съемных грузозахватных приспособлений приведены в "Альбомах схем строповки, кантовки, складирования" цехов. Схемы разработаны с учетом нормативных документов на проведение погрузочно–разгрузочных работ и утверждены в установленном порядке. В технологическом процессе даны ссылки и схемы, указаны профессии, количество и разряд рабочих, проводящих данные работы. Указана грузоподъемность подъемного сооружения (грузоподъемность крана).

Основные требования безопасности при производстве погрузочно–разгрузочных работ:

- к данному виду работ допускаются только обученные и аттестованные в установленном порядке лица;
- погрузочно–разгрузочные работы должны производиться в соответствии с разработанными схемами строповки, кантовки, складирования грузов. Перемещение грузов, на которые не были разработаны схемы строповки, кантовки должны производиться в присутствии и под руководством специалиста, ответственного за безопасное производство работ с применением подъемных сооружений;
- следует применять съемные грузозахватные приспособления грузоподъемностью не менее, указанной в схеме;

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 59   |

– стропальщик должен уметь определить пригодность к работе съемных грузозахватных приспособлений и тары, в противном случае, следует обратиться к мастеру;

– вес груза не должен превышать грузоподъемность ПС;

– стропальщик должен знать установленный порядок обмена сигналами с крановщиком (оператором);

– стропальщик должен знать способы визуального определения массы и места расположения центра тяжести груза;

– стропальщик должен знать допустимые к перемещению массы грузов, в зависимости от способов обвязки/строповки их текстильными и канатными стропами;

– при возникновении в процессе работы каких-либо вопросов, связанных с её безопасным выполнением, следует обратиться к специалисту, ответственному за безопасное производство работ с применением ПС/мастеру.

#### 4.4 Планировка оборудования и рабочих мест цеха (участка)

В цеху необходимо установить вытяжки на участках токарной обработки, сборки обечаек, сборки, плавки, сварки и тд. Кроме вытяжек в цеху должна быть естественная вентиляция и для того, чтобы она создавалась ограждения ставят на высоте не менее 15 см от пола и на высоте не более, чем 2 м, без накрытия сверху. Материал, из которого сделаны перегородки должен иметь следующие свойства: защита от ярких вспышек сварочной дуги, от металлических остатков, вдобавок материал должен давать беспрепятственного перемещения испарения и продуктов горения, а когда проводится радиографические контроль, ограждение должно защищать от элементарных частиц.

Расположение рабочих мест должно обеспечивать свободный проход в случае эвакуации рабочего персонала, для этого делается расстояние между рабочими местами не менее 1 м, расстояние от оборудования или участков до колонн не менее 1.5 м, до рельс не менее 1.5 м. По требованиям пожарной

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 60   |

безопасности двери должны открываться наружу, также нужно обязательно иметь план эвакуации.

Планировка цеха представлена на рисунке 4.1

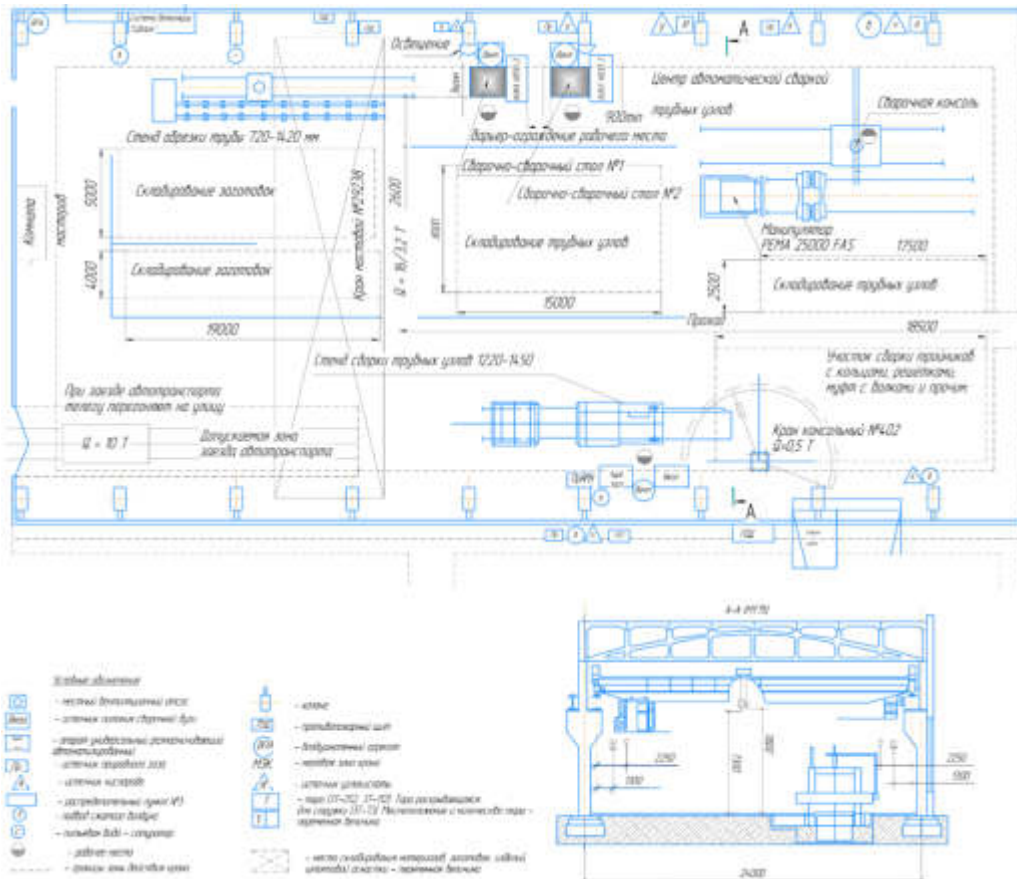


Рисунок 4.1 – Планировка цеха

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте было рассмотрена технология изготовления тройника с приварными кольцами в условиях АО "Трубодеталь".

Был проведен анализ сборки и сварки тройника с кольцами на предприятии АО "Трубодеталь". Изучены характеристики оборудования, а так же способы контроля сварных швов.

В результате анализа базового технологического процесса были выделены следующие недостатки:

- низкая автоматизация сварочного процесса;
- высокий уровень браковки готовых изделий;
- нерациональный выбор присадочного материала.

Предложены были следующие изменения для достижения поставленных целей:

- роботизировать технологический процесс сварки кольцевых швов тройника;
- выполнить подбор сварочного оборудования на более современный;
- выполнить подбор присадочных материалов в соответствии с применяемой маркой стали.

Роботизированный вид сварки, вместо полуавтоматического. Был выбран сварочный робот Кука KR30–3, который хорошо себя показал в других цехах АО "Трубодеталь".

Данные изменения позволят поднять качество, быстроту сборки и сварки тройника с приварными кольцами.

|      |      |          |         |      |                         |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                         |  |  |  | 62   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ |  |  |  |      |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сварка в машиностроении: Справочник/ Под ред. Н. А. Ольшанского. – М.:Машиностроение, 1978 – Т.1. – 501 с.) Куркин С. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация,автоматизация и контроль качества в сварочном производстве/ С. А. Куркин, Г. А.Николаев. –М.: Высшая школа, 1991 – 398с.
2. Красовский, А. И. Основы проектирования сварочных цехов/ В. А. Стихин. –Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1990 – 138с.
3. Приложение №4 к ТП–308 изм.2 АО "Трубодеталь"
4. А.Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом.– М. Машиностроение, 1974. – 240.
5. Контрольный экземпляр ТУ–32 АО "Трубодеталь"
6. ГОСТ 2246, ТУ 14–178–220–99, ТУ 14–4–1445–87, ТУ 1227–007–71915393–2004. Сварочная проволока общего назначения
7. <https://respect-kovka.com/svarochnye-materialy-dlya-svarki-stali-13hfa/> сварочные материалы для сварки стали 13ХФА
8. [http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/products/controllers/kr\\_c4](http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/products/controllers/kr_c4)
9. Контроль качества сварки. <http://weldzone.info/technology/control/764-goryachie-treshhiny>
10. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия
11. <https://www.deltasvar.ru/doc/AutomationDeltaSvar2011.pdf>
12. <http://tagpipe.com/ClientArea/files/2018/Pipe%20Stands%20and%20Rollers/TRI%20STANDS%20HANDOUT%202017.pdf>
13. [https://www.mecome.it/index.php?option=com\\_sppagebuilder&view=page&id=62&Itemid=271&lang=en](https://www.mecome.it/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=62&Itemid=271&lang=en)

|      |      |          |         |      |                         |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |         |      | 15.03.01.2020.141.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                         | 63   |