

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»  
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗВЦИТЕ  
Заведующий кафедрой  
М.А. Иванов  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Участок сборки и сварки магистрального нефтенасоса с рабочим  
давлением до 14 МПа

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ  
ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ ВКП

Руководитель проекта  
Заведующий кафедрой, к.т.н  
М.А. Иванов  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Автор проекта  
студент группы П-440  
Д.И. Дербенев  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Нормоконтролер  
Ю.В. Безганс  
\_\_\_\_\_ 2018г.

Челябинск 2018

Перв. примен.
Справ. №

## АННОТАЦИЯ

Дербенев Д.И. Курсовой проект по основам проектирования. - Челябинск: ЮУрГУ, 2017. 19 с., 5 илл., 7 табл., библиография литературы - 9 наименований

После ознакомления с базовым технологическим процессом приварки штампосварных переходов к магистральному нефтенасосу с рабочим давлением до 14 МПа, который осуществлялся на вращателе полуавтоматической сваркой. В проектируемом варианте предлагается внедрить автоматическую орбитальную сварку

Для орбитальной сварки были рассчитаны три режима, которые должны давать высококачественное сварное соединение. Выбраны сварочные материалы. Было выбрано оборудование для сборочно-сварочных операций. Спроектирован концепт сборочно-сварочного стенда. Проведено исследование в программе Ansys на влияние дефектов на прочность сварного соединения.

Подп. и дата	Инв. № дудл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Дербенев Д.И.		
	Проб.	Иванов М.А.		
	Н.контр.	Безганс Ю.В.		
	Утв.	Иванов М.А.		

*ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ*

Участок сборки и сварки магистрального нефтенасоса с рабочим давлением до 14 МПа

Лит.	Лист	Листов
	2	40
ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ) Кафедра ОиТСП		

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....

1. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....

    1.1 Анализ конструкции изделия.....

    1.2 Материал изделия и его свариваемость.....

    1.3 Условий эксплуатации изделия.....

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....

    2.1 Базовый вариант технологического процесса.....

    2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.....

    2.3 Выбор способа сварки.....

    2.4 Выбор сварочных материалов.....

    2.5 Расчет режимов сварки.....

        2.5.1 Выбор диаметра электрода.....

        2.5.2 Расчет режимов сварки для корневого прохода.....

        2.5.3 Расчет режимов сварки для заполняющего прохода.....

        2.5.4 Расчет режимов сварки для облицовочного прохода.....

    2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования.....

        2.6.1 Описание конструкции сборочно-сварочного стенда.....

3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....

    3.1 Способы и средства контроля качества.....

    3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....

    4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов.....

    4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.....

        4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда.....

        4.2.2 Обеспечение электрической безопасности.....

        4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности.....

    4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами.....

    4.4 Планировка оборудования и рабочих мест участка.....

5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....

    5.1 План эксперимента, цель и задачи.....

    5.2 Результаты проведенных исследований.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКОН. Системы проектирования", Россия. Все права защищены

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

Лист  
3



# 1. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

Данный насос поставляется компании "Транснефть" для поддержания необходимого давления в трубе при перекачке нефти по нефтепроводам под давлением 14 МПа в условиях севера.

Масса готового изделия 15120 кг.

Габариты: 3760×2040×1020 мм

Особенностью конструкции является то, что насос поступает на участок сварки уже в частично собранном состоянии и поэтому высота насоса превышает его габарит о ширине.

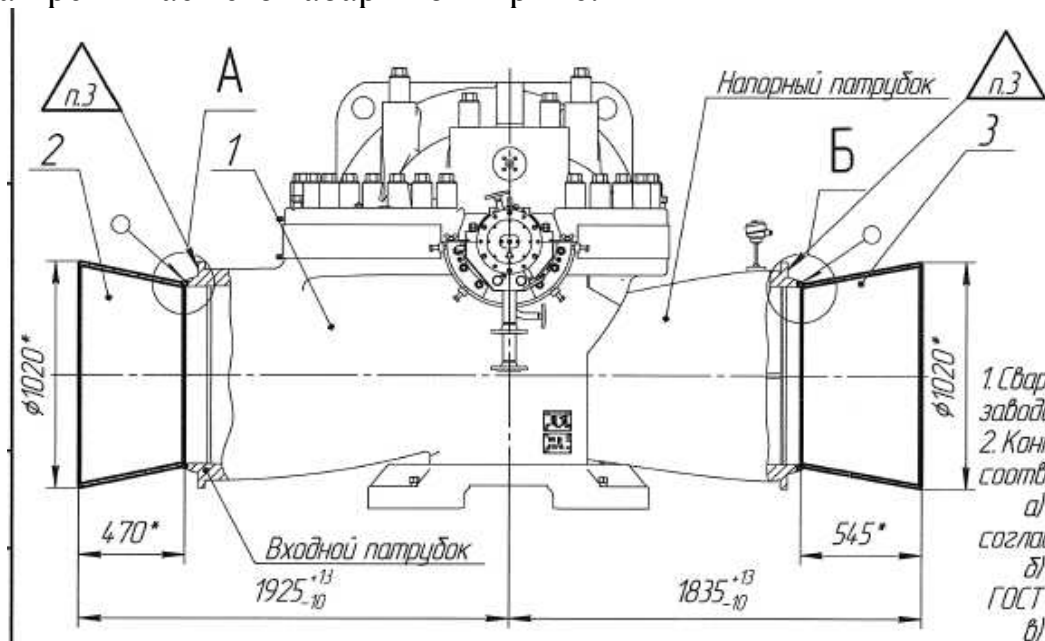


Рисунок 2.1.1- «Насос в сборе с катушками».

Насос в сборе с катушками состоит из следующих элементов:

Позиция 1 - насос

Позиция 2 - переход штамповарной ПШС 1020(14K56)×820(12K56)  
l=470

Позиция 3 - переход штамповарной ПШС 1020(14K56)×820(12K56)  
l=545

Толщина стенок штамповарных переходов варьируется от 12 мм, если мерить на меньшем диаметре, и 14 мм на большем диаметре. Это связано с тем, что стык насоса и ПШС выполняется в заводских условиях, а больший диаметр ПШС присоединяется непосредственно к трубе на монтажной площадке.

## 1.2 Материал изделия и его свариваемость

Материал, из которого изготавливаются насос и катушки - сталь конструкционная легированная марки 10Г2ФБЮ. Данную сталь применяют для изготовления электросварных прямошовных труб группы прочности К60 для строительства газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, а также соединительных деталей газонефтепроводов, соединительных деталей магистральных трубопроводов диаметром до 1420 мм.

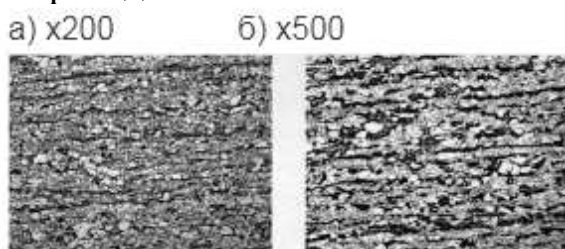


Рисунок 2.2.1 - Микроструктура стали 10Г2ФБЮ

Таблица 3.1 - "Химический состав стали 10Г2ФБЮ"

C	SI	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Nb	Ti	Al	Cu
0.09-0.12	0.15-0.5	1.55-1.75	до 0,3	до 0,006	до 0,02	до 0,3	00.8-0.12	до 0.012	0.02-0.05	0.01-0.035	0.02-0.05	до 0,3

Таблица 3.2 - "Механические свойства при T=20 С стали 10Г2ФБЮ"

Сортамент	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	KSU, кДж/м <sup>2</sup>
Труба ТУ 14-3-1573-96	590	460	20	392

По ТУ 14-3-1573-96 углеродный эквивалент  $C_{\Sigma} \leq 0,43$  %. Так как  $C_{\Sigma} < 0,46$  - предварительный подогрев не требуется.

## 1.3 Условий эксплуатации изделия

Данное изделие эксплуатируется в условиях сибиря с минимально допустимой температурой окружающего воздуха -60 С. Рабочее давление в системе до 14 МПа.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологического процесса

Сварочный шов выполняется с помощью механизированной сварки на кантователе.

При изготовлении насоса в сборе с катушками применяется два режима. Рабочее давление приблизительно равно 14 МПа, поэтому сварочные соединения очень ответственны. Для выполнения этого шва используют механизированную сварку в среде защитных газов на основе ГОСТ 16037-80. Условное обозначение шва С54. Толщина свариваемых деталей 12 мм.

Таблица 2.1.1 - «Вид сварного соединения»

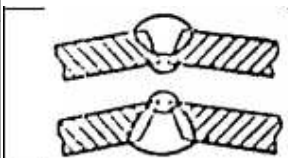
Тип соединения	Форма подготовки кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения	Толщина стенки стенки и минимальный наружный диаметр		Условное обозначение сварочного соединения
				ЗП	Р	
Стыковое	Со скосом кромок	Двусторонний		$\frac{3-25}{108}$	$\frac{3-25}{108}$	С54

Таблица 2.1.2 - «Режимы сварки, и сварочное оборудование».

Номер слоя	1	2-n
Диаметр проволоки, мм	1,2	
Положение при сварке	В1	В1
Вылет электродной проволоки, мм	14	
Род тока, полярность	Постоянный, обратная	
Сварочный ток, А	144	200
Напряжение дуги, В	20	25
Скорость подачи проволоки, м/мин	4	7
Скорость сварки, м/мин	1.5	2.0
Количество проходов	4	
Расход газа, л/мин	12-20	
Марка электродной проволоки	OK AristoRod 12.50	
Марка защитного газа	K18	
Подающий механизм	KEMPPi MXF 65	
Источник питания	KEMPPi Fast Mig Pulse 350	

Свариваемое изделие собирают с помощью прихваток на сварочном приспособлении с использованием центратора.

Вначале делается проход и заваривается корневой шов, а затем идут заполняющие слои. Сварочный процесс организован на вращателе.

Здесь кроется упущение данной технологии, вращатель представляет цилиндрическую конструкцию, в которой закреплён насос с ПШС. Наибольший диаметр - это по своей сути направляющие, которыми он устанавливается на прорезиненные ролики. Ролики закреплены в жесткий каркас и приводятся в движение электродвигателем.

Так как насос приходит на участок сборки и сварки уже с определённым количеством установленных деталей, из-за которых у него габаритные размеры больше, чем допустимо для данного вращателя. И из-за этого нельзя совершить полный оборот.

В данный момент в цехе выходят из этой ситуации с помощью кран-балки, которой поднимают насос в установке, доворачивают на необходимый угол, устанавливают обратно на ролики кантователя и продолжают вести сварку. Эта операция занимает продолжительное время и несет дополнительные трудозатраты. Так же вместе начала и окончания процесса сварки вероятность дефектов выше, чем на участке постоянного горения дуги.

Еще важным фактором является использование человека в качестве исполнителя, что может внести непостоянство в процесс сварки.

## 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.

Данное изделие имеет высокую себестоимость и в данный момент производственный процесс имеет низкую производительность. По моему мнению, стоит перейти на автоматизированную сварку, изменить приспособление для удерживания детали в процессе сварки.

В цех поставляется корпус насоса и проходит входной контроль (ВК). Отдельно поставляются штампосварные переходы (ПШС), которые также проходят входной контроль. Заготовки хранятся на заготовительном складе.

После входного контроля следует операция сборки, на участке сборки и сварки, на которой насос устанавливается в оснастку. Отверстия насоса и ПШС центруют с помощью центратора. Вначале выставляют детали 1 и 2, фиксируют центратором.



После этого следует процесс контроля сборки (К). Проверяется соосность, зазор между деталями.

Важнейшей технологической операцией является процесс сварки. В данном проекте предполагается орбитальная сварка в среде защитных газов. Для орбитальной сварки необходимы специальные направляющие кольца, на которых размещается оборудование для сварки. Корневой проход проводится без извлечения центриатора. После сварки следует неразрушающий контроль в объёме 100%. При необходимости проводится ремонт.

Когда все дефекты устранены, деталь поступает на гидроиспытание, на которого сварочный шов должен выдержать давление большее, чем предполагает рабочая нагрузка.

Ниже приведена схема процесса изготовления изделия «Насос в сборе с катушками»

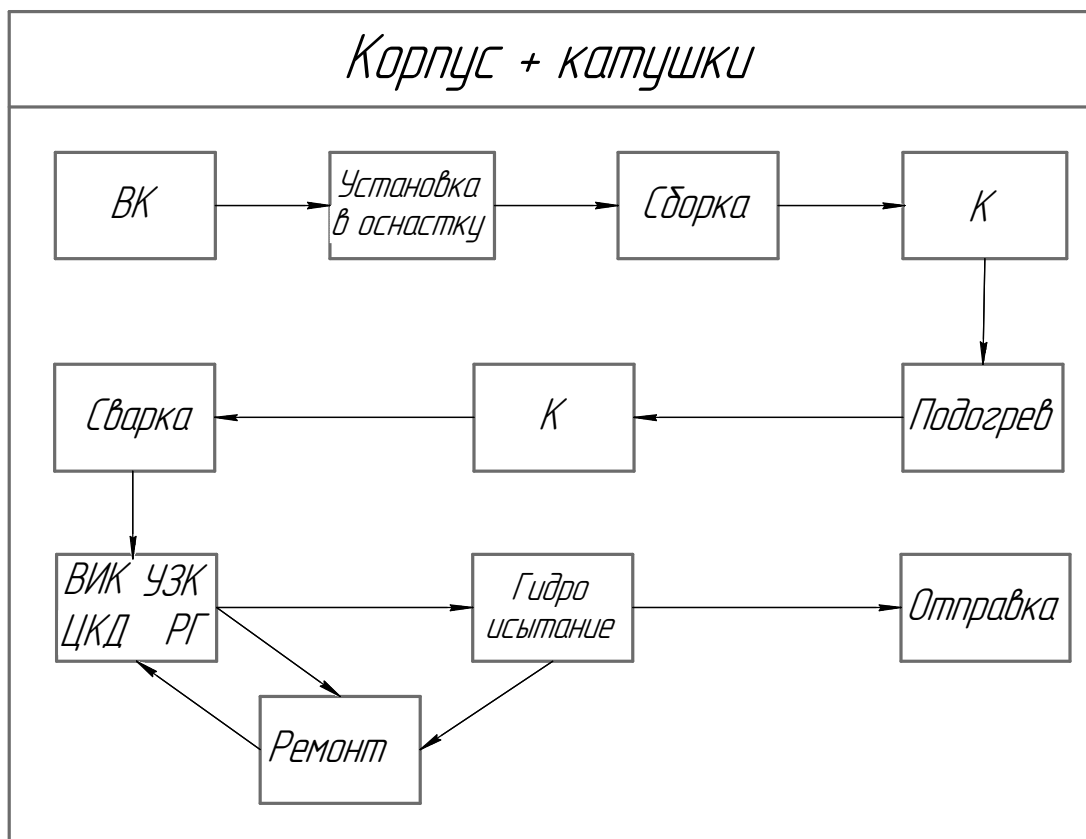


Рисунок 1.2.1- «Маршрутная схема технологических операций».

### 2.3 Выбор способа сварки.

От выбора способа сварки зависят остальные параметры режима. В проектном варианте рассматривается автоматическая орбитальная

сварка. При внедрении данного способа сварки устранится необходимость вращать изделие, повысит производительность процесса сварки и уменьшится влияние человеческого фактора на качество сварного соединения.



Рисунок 2.3.1 - "Аппарат для орбитальной многопроходной сварки в среде защитных газов"

#### 2.4 Выбор сварочных материалов.

Из представленного разнообразия на рынке сварочных материалов я выбрал проволоку фирмы ESAB марки ОК Autrod 13.28.

Данная проволока предназначена для сварки особо ответственных изделий, которые работают при  $-60\text{ C}$ , с пределом текучести основного металла  $\sigma_T=470\text{ Мпа}$ .

Таблица 2.4.1. - Химический состав проволоки в %.

C	Mn	Si	Ni	P	S
0,07-0,12	1,00-1,26	0,40-0,80	2,10-2,70	до 0,020	до 0,020

Сварка данной проволокой рекомендуется в газовой смеси K20(M21).

Таблица 2.4.2. - Механические свойства при сварке в газовой смеси К20 (M21).

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ ,%	KCV, Дж/см <sup>2</sup>
540	630	28	163 при 0 С 125 при -40 С 75 при -60 С

Защитный газ выбираем следуя рекомендации производителя - газовая смесь К20 состоящая из 80% Ar и 20% CO<sub>2</sub>

## 2.5 Расчет режимов сварки

Так как для сварки будет использоваться орбитальная сварка, то сварочная дуга пройдет четыре пространственных положения, в которых сварочные режимы будут изменяться. Сварочный ток будет изменяться на коэффициент k, который зависит от пространственного положения. Зависимость коэффициента приведена в таблице 2.5.1.

Таблица 2.5.1 - Зависимость коэффициента k от пространственного положения

Положение	Н	В1	В2	П
k	1	0,95	0,9	0,8

Н - нижнее положение при сварке;

В1 - вертикальное положение на спуск;

В2 - вертикальное положение на подъём;

П - потолочное положение.

Общая площадь наплавленного металла должна составлять  $F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ . Так как сварка будет многопроходной, то после каждого прохода должна производиться очистка от шлака и нагара.

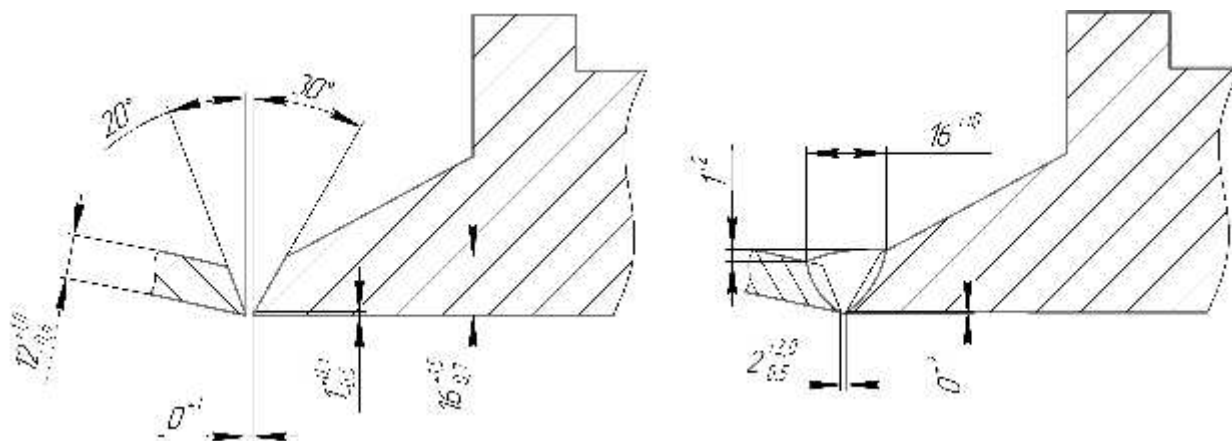


Рисунок 2.5.1 - "Разделка кромок под сварку"

### 2.5.1 Выбор диаметра электрода

Для сварки используем проволоку диаметром  $d_{\text{э}}=1,2$  мм, что позволяет одиночного хорошо производить сварку корневого шва, производить заполнение разделки и облицовочный слой

Для электродной проволоки, диаметром  $d_{\text{э}}=1,2$  мм советуется выбирать плотность тока  $j=100...300$  А/мм<sup>2</sup>

### 2.5.2 Расчет режимов сварки для корневого прохода

Корневой проход является более ответственным, чем остальные проходы, ведётся на токах малой величины.

Расчет силы сварочного тока проводим по следующей формуле

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4} * j * k, \quad (1)$$

где  $\pi \approx 3,14$  - константа

$d_{\text{э}}=1,2$  - диаметр электродной проволоки

$j$  - плотность тока выбираем минимальное рекомендуемое значение  $j=100$  А/мм<sup>2</sup>

$k=1$  - коэффициент, зависящий от положения при сварке. Берётся из таблицы 2.5.1 исходя из положения при сварке.

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi * 1,2^2}{4} * 100 * 1 = 113,04 \text{ А.}$$

Округляем это значение до  $I_{\text{св}}=120$  А.

Напряжение рассчитывается по следующей формуле

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 * 10^{-3}}{d_{\text{э}}^{0,5}} I_{\text{св}} \quad (2)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 120 = 25,5 \text{ В}$$

Следующий параметр -  $v_{св}$  скорость сварки. Её можно рассчитать по формуле:

$$v_{св} = \frac{P}{I_{св}}, \quad (3)$$

где  $P$  - коэффициент, зависящий от диаметра электродной проволоки. Для проволоки диаметром 1.2 мм коэффициент  $P=2000...5000$  Ам/ч. Выбираем  $P=3500$  Ам/ч.

Тогда

$$v_{св} = \frac{3500}{120} = 29,2 \text{ м/ч} = 0,81 \text{ см/с},$$

Рассчитать вылет электродной проволоки  $l_{П}$  можно по формуле

$$l_{П} = 10d_{э} \quad (4)$$

В таком случае  $l_{П} = 10 \cdot 1,2 = 12$  мм

Но при сварке в среде защитных газов, на практике используют вылет  $l_{П} = 15$  мм. Данный вылет обеспечивает более стабильное горение дуги с меньшим разбрызгиванием.

Найдем погонную энергию.

$$q_{П} = \frac{0,24 I_{св} U_d \eta_{и}}{v_{св}}, \quad (5)$$

где:  $\eta_{и}$  - КПД источника сварочного тока. Примем  $\eta_{и} = 0,8$

Тогда погонная энергия будет равной

$$q_{П} = \frac{0,24 \cdot 120 \cdot 25,5 \cdot 0,8}{0,81} = 725 \text{ кал/см} = 3022 \text{ Дж/см}$$

Далее мы рассчитываем коэффициент проплавления по формуле

$$\psi_{пр} = k^{|} (19 - 0,01 I_{св}) \frac{d_{э} U_d}{I_{св}}, \quad (6)$$

где:  $k^{|}$  - безразмерный коэффициент, который находится по формуле ... при сварке на постоянном токе обратной полярности.

$$k^{|} = 0,367 j^{0,1925} = 0,367 \cdot 106^{0,1925} = 0,9 \quad (7)$$

Тогда  $\psi_{пр}$  будет равно:

$$\psi_{пр} = 0,9 (19 - 0,01 \cdot 120) \frac{1,2 \cdot 25,5}{120} = 4,09$$

Определяем теоретическую глубину проплавления  $H_{пр}$  по формуле

$$H_{пр} = 0,0156 \cdot \sqrt{\frac{q_{П}}{\psi_{пр}}} \cdot 10, \quad (8)$$

$$H_{\text{пр}} = 0,0156 * \sqrt{\frac{725}{4,09}} * 10 = 2,08 \text{ мм}$$

Для определения получившейся ширины шва воспользуемся формулой

$$V = H_{\text{пр}} \psi_{\text{пр}} \quad (9)$$

$$V = 2,08 * 4,09 = 8,49 \text{ мм}$$

Для расчета высоты валика. С и коэффициента формы усиления шва  $\psi_{\text{в}}$  необходимо вычислить площадь поперечного сечения наплавленного металла по  $F_{\text{н}}$  формуле

$$F_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{р}} I_{\text{св}} (1 - \psi_{\text{п}})}{3600 \gamma v_{\text{св}}}, \quad (10)$$

где:  $\alpha_{\text{р}}$  - коэффициент расплавления.

$\psi_{\text{п}}$  - коэффициент потерь металла на разбрызгивание и угар. Для сварки в газах можно определить по формуле...

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$  - плотность металла шва.

Но при автоматической сварке рекомендуется использовать формулу..., так как данная формула, в отличие от формулы..., гораздо проще к расчету, а параметры, заданные на пульте управления, поддерживаются в автоматическом режиме.

$$F_{\text{н}} = \frac{v_{\text{п.п}} (1 - \psi_{\text{п}}) \pi d_{\text{э}}^2}{4 v_{\text{св}}}, \quad (11)$$

где:  $v_{\text{п.п}}$  - скорость подачи сварочной проволоки. Рассчитывается по формуле

$$v_{\text{п.п}} = \frac{\alpha_{\text{р}} I_{\text{св}}}{3600 F_{\text{э}} \gamma}, \quad (12)$$

где:  $F_{\text{э}}$  - площадь сечения сварочной проволоки, рассчитывается по формуле (14);

Коэффициент расплавления можем рассчитать по следующей формуле (13).

$$\alpha_{\text{р}} = 3 + 0,08 \left( \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}} \right) \quad (13)$$

произведя расчет по формуле... мы получаем следующее значение

$$\alpha_{\text{р}} = 3 + 0,08 \left( \frac{120}{1,2} \right) = 11 \text{ г/Ач}$$

$$F_{\text{э}} = \frac{\pi d_{\text{э}}^2}{4}, \quad (14)$$

$$F_{\text{Э}} = \frac{\pi * 1,2^2}{4} = 1,1 \text{ мм}^2 = 0,011 \text{ см}^2$$

Скорость подачи проволоки будет равна:

$$v_{\text{п.п}} = \frac{11 * 120}{3600 * 0,011 * 7,8} = 4,27 \text{ см/с}$$

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 0,176j - 0,000448j^2 \quad (15)$$

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 0,176 * 106 - 0,000448 * 106^2 = 8,9\%$$

Подставляем все значения в формулу (11) и получаем следующее:

$$F_{\text{н}} = \frac{4,27 * (1 - 0,089) \pi * 0,12^2}{4 * 0,81} = 0,054 \text{ см}^2 = 5,4 \text{ мм}^2$$

Для расчета усиления используем формулу (16)

$$C = \frac{F_{\text{н}}}{0,73B}, \quad (16)$$

Получаем значения:

$$C = \frac{5,4}{0,73 * 8,49} = 0,87 \text{ мм.}$$

А для расчета коэффициента формы шва используем формулу (17)

$$\psi_{\text{в}} = \frac{B}{C}, \quad (17)$$

Подставив значения в формулу получаем следующее:

$$\psi_{\text{в}} = \frac{8,49}{0,87} = 9,75$$

По этим же формулам рассчитываем режимы и параметры сварки для всех оставшихся положений.

Таблица 2.5.2.1 - Режимы и параметры сварки корневого шва

Параметр	Н	В1	П	В2
$I_{\text{св}}$ , А	120	114	96	108
$j$ , А/мм <sup>2</sup>	106	101	85	96
$U_{\text{д}}$ , В	25,5	25,2	24,4	24,9
$v_{\text{св}}$ , см/с	0,81	0,85	1,01	0,9
$l_{\text{п}}$ , мм	15	15	15	15
$v_{\text{п.п}}$ , см/с	4,27	3,81	2,84	3,47
$q_{\text{п}}$ , кал/см	725	647	444	574

Продолжение таблицы 2.5.2.1

$\alpha_p$ , г/Ач	11	10,6	9,4	10,2
$\Psi_{пр}$	4,09	4,23	4,74	4,38
$H_{пр}$ , мм	2,08	1,93	1,51	1,79
$B$ , мм	8,49	8,16	7,16	7,83
$C$ , мм	0,87	0,77	0,55	0,69
$\Psi_B$	9,75	10,58	12,95	11,27
$\Psi_{II}$	9	8	7	8
$F_H^k$ , мм <sup>2</sup>	5,4	4,6	3,0	4,0

2.5.3 Расчет режимов сварки для заполняющего прохода

Расчет режимов производится по тем же формулам, которые приведены в пункте 2.5.2, но номинальное значение сварочного тока берётся равный  $I_{св}=200$  А. Данный режим позволит достаточно быстро заполнить разделку шва.

Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , по этому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах. Из таблицы 2.5.3.1 видно, что  $F_{н} = 21 \text{ мм}^2 < F_{ш} = 141 \text{ мм}^2$ , поэтому используем несколько проходов на тех же режимах.

Рассчитываем необходимое количество проходов по формуле (18).

$$n^3 = \frac{F_{ш} - F_{н}^k}{F_{н}^3}, \quad (18)$$

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКОН-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ", Россия. Все права защищены

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инд. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата



где:  $F_{ш}$  - общая расчетная площадь наплавленного металла шва

$F_{н}^к$  - расчетная площадь корневого валика

$F_{н}^з$  - расчетная площадь заполняющего валика

Растаем для сварки в нижнем положении

$$n_{н}^з = \frac{141 - 5,4}{21} = 6,45$$

Принимаем  $n_{н}^з = 6$ . Но в потолочном положении этих проходов не хватит, для заполнения той же площади. Поэтому рассчитаем количество проходов, необходимое для сварки в потолочном положении по формуле (18) и получаем значение  $n_{п}^з = 10,62$ . Принимаем  $n_{п}^з = 10$ .

Что бы снизить разницу между площадями наплавленного металла необходимо дополнительно пройти 4 прохода в интервале 45 от места сварки в потолочном положении. Накладывать через один полностью оконченный проход.

Таблица 2.5.3.1 - Режимы и параметры сварки заполняющего прохода.

Параметр	Н	В1	П	В2
$I_{св}$ , А	200	190	170	180
$j$ , А/мм <sup>2</sup>	177	168	150	159
$U_{д}$ , В	29,1	28,7	27,8	28,2
$v_{св}$ , см/с	0,49	0,51	0,57	0,54
$l_{п}$ , мм	15	15	15	15
$v_{п.п}$ , см/с	10,29	9,38	7,68	8,51
$q_{п}$ , кал/см	2301	2044	1584	1805
$\alpha_p$ , г/Ач	16,33	15,67	14,33	15
$\Psi_{пр}$	2,95	3,05	3,27	3,15
$H_{пр}$ , мм	4,35	4,04	3,44	3,73
$B$ , мм	12,86	12,31	11,22	11,77
$C$ , мм	2,23	2,02	1,64	1,82

Продолжение таблицы 2.5.3.1

$\Psi_B$	5,76	6,08	6,85	6,45
$\Psi_{II}$	12	12	12	12
$F_H^3, \text{мм}^2$	21	18	13	16

Для сварки последних двух проходов применить колебания горелки для более равномерного заполнения разделки.

2.5.4 Расчет режимов сварки для облицовочного прохода

Для облицовочного валика берём номинальную силу сварочного тока  $I_{св}=180$  А. Данный ток позволит полностью заполнить разделку. Для облицовочного валика берём номинальную силу сварочного тока  $I_{св}=180$  А. Данный ток позволит полностью заполнить разделку. При необходимости излишки металла могут быть удалены.

Необходимо настроить колебания для более равномерного наложения сварного шва.

Рассчитанные режимы приведены в таблице 2.5.4.1

Таблица 2.5.4.1 - Режимы и параметры сварки облицовочного валика

Параметр	Н	В1	П	В2
$I_{св}, \text{А}$	180	171	144	162
$j, \text{А/мм}^2$	159	151	127	143
$U_d, \text{В}$	28,2	27,8	26,6	27,4
$v_{св}, \text{см/с}$	0,54	0,57	0,68	0,6
$l_{II}, \text{мм}$	15	15	15	15
$v_{II,II}, \text{см/с}$	8,51	7,76	5,72	7,04
$q_{II}, \text{ккал/см}$	1805	1606	1088	1420
$\alpha_p, \text{г/Ач}$	15	14,4	12,6	13,8
$\Psi_{II}$	3,15	3,55	3,63	3,37
$H_{II}, \text{мм}$	3,73	3,47	2,7	3,20
$B, \text{мм}$	11,77	11,28	9,8	10,78

Продолжение таблицы 2.5.4.1

C, мм	1,82	1,66	1,2	1,49
$\Psi_B$	6,45	6,81	8,18	7,22
$\Psi_{II}$	12	12	10	11
$F_H^3$ , мм <sup>2</sup>	15,6	13,6	8,5	11,8

После окончания сварки необходимо зачистить шов к последующему контролю

2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования.

Для того, что бы можно было начать процесс сварки, необходимы следующие устройства:

1. Источник питания
2. Подающий механизм
3. сварочная каретка
4. сварочная горелка
5. Направляющая для каретки
6. Пульт удалённого управления, для облегчения настроек.

Для начала выбираем источник питания. Из множества вариантов выбираем источник питания от компании Kemppi марки FastMig X 450 Power source. Данный источник выбран по следующим причинам:

1. У данного источника режим ПВ 100% при токе в 350 ампер;
2. Компания Kemppi зарекомендовала себя, как надёжный поставщик сварочного оборудования высокого качества.

Таблица 2.6.1 - Технические характеристики источника питания Kemppi FastMig X 450 Power source

Напряжение трёхфазной сети, 50/60 Гц	400 В (-15...+20%)
Предохранитель	35 А
Минимальная выходная мощность генератора	35 кВА
Выходной ток, ПВ 60%	450 А
Выходной ток, ПВ 100%	350 А
Напряжение холостого хода при сварке MIG/MAG	$U_0=80-98$ В

Продолжение таблицы 2.6.1

Напряжение холостого хода (ММА)	$U_0=70-98$ В $U_{cp}=50$ В
Диапазон рабочих температур	-20...+40 С
Габаритные размеры, Д×Ш×В	590×230×430 мм
Класс защиты	IP23S
Стандарты	IEC 60974-1, IEC 60974-5, IEC 60974-10

Далее выбираем подающий механизм. Данное устройство должно соответствовать ранее выбранным параметрам.

Выбираем подающий механизм компании Kemppi марки WFX 300 P-T Wire feeder. Ниже в таблице 2.6.2 приведены его технические характеристики

Таблица 2.6.2 - Технические характеристики подающего механизма Kemppi WFX 300 P-T Wire feeder

Выходной ток, ПВ 60%	520 А
Выходной ток, ПВ 100%	440 А
Проволокоподающий механизм	GT04
Разъем горелки	Euro
Диаметры присадочной проволоки (SS)	0.6-2.0 мм
Диаметры присадочной проволоки(Al)	0.8-2.4 мм
Диаметры присадочной проволоки(Fe)	0.6-2.0 мм
Диаметры присадочной проволоки (порошковая)	0.8-2.4 мм
Скорость подачи проволоки	0,5-25 м/мин
Програмное обеспечение	WiseFusion WiseRoot+ MatchLog Pipe Steel pack Fe (25pcs) Pipe Stainless pack Ss (17pcs)

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены

Инв. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № докл. Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

*ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ*

Лист  
20

Продолжение таблицы 2.6.2

Диапазон рабочих температур	-20...+40 С
Габаритные размеры Д×Ш×В	590×240×445 мм
Класс защиты	IP23S
Стандарты	IEC 60974-5
Масса катушки проволоки (макс.)	20 кг
Масса	13,1 кг
Диаметр катушки проволоки (макс)	300 мм

Сварочная каретка обеспечивает перемещение горелки по направляющим и обеспечивает изменение режимов сварки в зависимости от изменения положения при сварке.

Выбираем сварочную каретку компании Kemppi марки A5 MIG Orbital Welding Carriage 1500. технические характеристики приведены в таблице 2.6.3

Таблица 2.6.3 - Технические характеристики Kemppi A5 MIG Orbital Welding Carriage 1500

Скорость перемещения	5-150 см/мин
Параметры входного питания	30-55 В
Транспортная скорость	200 см/мин
Скорость колебания	10-50 мм/с
Амплитуда колебаний	0-30мм
Смещение колебаний	± 40 мм
Время задержки	0-2 с
Количество моделей колебания	3
Регулировка горелки в горизонтальном направлении	± 40 мм
Масса	9 кг
Габаритные размеры от поверхности	365×385×300 мм

Выбираем сварочную горелку ММТ 42С. Данная горелка предназначена для автоматической сварки и подходит для крепежа на каретку Kemppi A5 MIG Orbital Welding Carriage 1500.

Для установки необходимо направляющее кольцо. Лучше всего для этого подходит стальное направляющее кольцо с быстродействующим зажимным приспособлением. Фиксация с помощью винтов с пружинным поджатием. Данные кольца подходят для различных диаметров. нам нужно направляющее кольцо с диапазоном от 787 до 838 мм. По номенклатуре Kemppi обозначается как ring for 32" pipe diameter.

### 2.6.1 Описание конструкции сборочно-сварочного стенда

Операция сборки и сварки проводится на одном приспособлении. Для этого вначале необходимо установить сам насос, а затем установить центратор внутренний гидравлический VIETZ, подвести переход, выставить зазор между кромками и зажать центратором. после чего подготовить сварочный аппарат к использованию.

Преимуществом внутренних центраторов является то, что прихватки выполнять не нужно, что экономит средства и сокращает время производства одной единицы продукции.



Рисунок 2.6.1.1 - внутренний гидравлический центратор VIETZ

Сборочно-сварочный стенд состоит несколько сваренных швеллеров, которые образуют три типа профилей. Данные профиля уложены друг на друга и крепятся специальными полозьями. У верхнего профиля имеется отверстие для установки деталей. Так как их предполагается

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

Лист  
22

четыре штуки, то для детали будет четыре опорных площадки. Относительно друг друга данные профиля возможно перемещать, соответственно изменяя положение опорных площадок. Это увеличивает количество номенклатуры, которое можно будет установить на данный стенд.

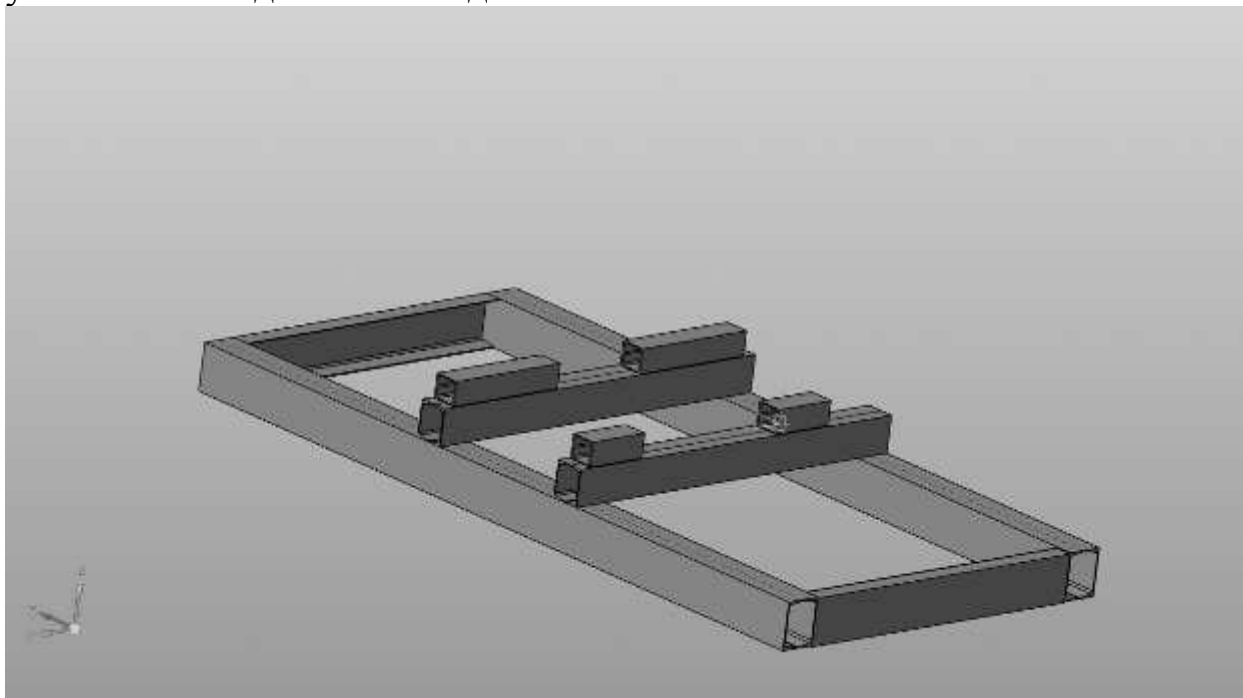


Рисунок 2.6.1.2 - Сборочный стенд

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

### 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

#### 3.1 Способы и средства контроля качества.

Контроль сварочного соединения производится несколькими методами в объеме 100%:

Визуально-измерительный контроль (ВИК).

Данный контроль проводится сварщиком, не исполняющим данный сварочный шов, но с такой же квалификацией. Контроль проводится с помощью комплекта принадлежностей для ВИК. Проверяется геометрическая форма, глубина подрезов, вышедшие на поверхность поры.

Цвето-капиллярная дефектоскопия (ЦКД).

Класс чувствительности применяемого реагента III - ширина раскрытия дефектов от 10 до 100 мкм. Данный контроль проводится отделом ОТК. Порядок действия таков: на чистую поверхность наносится индикаторный пенетрант, который проникает в дефекты металла, выжидается время, после чего наносят очиститель пенетранта, которым убирают излишки на поверхности детали. Следующим наносят проявитель пенетранта, который вытягивает остатки пенетранта, по которым уже дается оценка глубины дефекта.

Ультразвуковой контроль (УЗК).

Проводится отделом ОТК. Выявляет поры, трещины шириной менее 10 мкм и не однородность металла. Принцип работы - отражение ультразвуковой волны от несплошности среды. Для работы применяется ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решетках "Хамелион 32+". В данный момент появились дефектоскопы работающие

Радиографический метод (РГ).

Радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений.

Радиографический контроль применяют также для выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва, недопустимых для внешнего осмотра.



При радиографическом контроле не выявляют:

любые несплошности и включения с размером в направлении просвечивания менее удвоенной чувствительности контроля;

непровары и трещины, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением просвечивания;

любые несплошности и включения, если их изображения на снимках совпадают с изображениями посторонних деталей, острых углов или резких перепадов трещин просвечиваемого металла.

Данный контроль проводят специалисты из службы ОТК на другом участке.

### 3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.

Насос работает под высоким давлением, поэтому свариваемый нами шов высокого качества. Ниже приведена таблица с обозначенными допусками дефектов для данного сварочного шва.

Таблица 3.2.1 - "Допустимые дефекты сварного соединения"

№	Наименование дефекта	Характеристика дефектов по форме, размерам и расположению	Допустимые дефекты
1	Трещины	Трещины всех видов, размеров и ориентаций	Не допускается
2	Поры и пористость	Максимальная суммарная площадь пор от площади проекции шва на оценочном участке*	1%
		Максимальный размер одной поры	$d \leq 0.2S$ , но не более 3 мм
3	Скопление пор	Максимальная суммарная площадь пор от площади дефектного участка шва**	4%
		Максимальный размер одной поры	$d \leq 0.2S$ , но не более 2 мм
		Расстояние между скоплениями	$L \geq 12t$

Продолжение таблицы 3.2.1

4	Газовые полости и свищи	Длинные дефекты	Не допускается
		Короткие дефекты	$h \leq 0,2S$
		Максимальный размер газовой полости или свища, мм	2
5	Шлаковые включения	Длинные дефекты	Не допускается
		Короткие дефекты	$h \leq 0,2S$
		Максимальный размер газовой полости или свища, мм	2
6	Инородные металлические включения	Включения меди, вольфрама и другого металла	Не допускается
7	Непровары и несплавления	Длинные дефекты	Не допускается
		Короткие непровары	Не допускается
		Несплавления	Не допускается
8	Непровар	Неполное проплавление	Не допускается
9	Подрезы	Переход от шва к основному металлу должен быть плавный. Очертания подрезов должны быть плавные	$h \leq 0,5$ мм
10	Превышение выпуклости	Стыкового шва	$h \leq 1+0,1b$ Макс. 5 мм
11	Превышение выпуклости корня шва	Чрезмерное проплавление корня шва	$h \leq 1+0,3b$ Макс. 3 мм
12	Линейное смещение кромок	Кольцевые швы	$h \leq 0,2t$ Макс. 2 мм
13	Неполное заполнение разделки кромок	Длинные дефекты	Не допускается
		Короткие дефекты	$h \leq 0,05t$ Макс. 0,5 мм

Окончание таблицы 1.4.1

14	Вогнутость корня шва, утяжка	Переход от шва к металлу должен быть плавный	$h \leq 0,5 \text{ мм}$
15	Наплывы		Не допускается
16	Ожог или оплавление основного металла	Местные повреждения в следствие зажигания дуги вне шва	Без исправления не допускаются
17	Совокупность дефектов по поперечному сечению шва	Максимальная суммарная высота коротких дефектов $\sum h$ : $h1+h2+h3+h4+h5+h6 \leq \sum h$	0,15S

\*Площадь проекции шва на плоскость, параллельную поверхности соединения, равна произведению ширины на длину шва на дефектном оценочном участке.

\*\*Суммарную площадь скопления пор вычисляют в процентах от большей из двух площадей: поверхности, окружающей все поры, или круга с диаметром, равным ширине шва.

Примечания:

1. Длинные дефекты - это один или несколько дефектов суммарной длиной более 25 мм на каждые 100 мм шва или минимум 25% длины шва менее 100 мм.

2. Короткие дефекты - это один или несколько дефектов суммарной длиной не более 25 мм на каждые 100 мм шва или максимум 25% длины шва менее 100 мм.

S - номинальная толщина стыкового шва, мм;

K - номинальная величина катета углового шва, мм;

b - фактическая толщина стыкового шва, мм;

t - толщина металла, мм;

d - диаметр поры, мм;

h - размер (высота или ширина) дефекта, мм;

L - расстояние между дефектами или дефектными участками, мм.

Подп. и дата

Инд. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

Лист  
27

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

К основным вредным и опасным производственным факторам можно отнести: токсические аэрозоли; высокая интенсивность света видимого спектра и ультрафиолетового излучения; инфракрасное излучение; брызги металла и шлака; напряжение электромагнитного поля; шум; статическая нагрузка.

В состав аэрозоля могут входить мелкодисперсные включения металлов и шлаков, а так же различные газы, которые могут попадать в зону дыхания сварщиков. Данные аэрозоли могут вызвать хронические профессиональные заболевания.

Высокая интенсивность света видимого спектра и ультрафиолетового излучения, без защиты или при неправильном выборе защиты, могут быть повреждены органы зрения и кожных покровов.

Инфракрасное излучение может привести к нарушению теплообмена и тепловому удару.

Брызги металла и шлака могут привести к ожогам.

Высокое напряжение электромагнитного поля может привести к накоплению заряда на деталях и, при высоком значении заряда, пробоем.

Статические нагрузки возникают при ручной дуговой, или полуавтоматической сварке. Нагрузка зависит от массы сварочной горелки или электрододержателя, шлангов, диаметра электрода или электродной проволоки и от продолжительности работы. В результате перенапряжения могут возникнуть заболевания, связанные с нервно-мышечным аппаратом плечевого пояса.

### 4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

#### 4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда

Санитарно-гигиенический фактор - это совокупность воздействий внешней производственной среды, к которым относятся: микроклимат, чистота воздушной среды, шум, вибрации, освещение и другие воздействия.

Данные воздействия могут привести к снижению работоспособности, ухудшению здоровья и к профессиональным заболеваниям.

Основные руководящие документы, регламентирующие эти условия на предприятиях: различные ГОСТы; СанПиН – санитарные правила и нормы; СП – санитарные правила; СНиП – строительные нормы и правила; ПДУ – предельно допустимые уровни; ПДК – предельно допустимые концентрации; ГН – гигиенические нормативы; МУК – методические указания по контролю; ОБУВ – ориентировочные безопасные уровни воздействия веществ в воздухе рабочей зоны и др.

Влияния вредных факторов в настоящее время ограничиваются ПДК и ПДУ, так же по некоторым вводятся оптимальные условия труда. Санитарно-гигиенические факторы оговорены в ГОСТ 12.1.005-88.

#### 4.2.2 Обеспечение электрической безопасности

Основными причинами электротравматизма является несоблюдение техники безопасности с электро оборудованием и некачественные изоляционные материалы.

Основными мерами по обеспечению электрической безопасности при сварочных работах являются:

1. Надёжное заземление источников питания
2. Проверка исправности сварочного оборудования, надёжной изоляции токопроводящих шлангов и контактных соединений сварочной цепи
3. Не следует касаться токопроводящих частей без защитных перчаток
4. Использовать в качестве обратного провода металлоконструкции и трубопроводы только когда их сваривают.
5. При перемещении сварочных проводов не допускать повреждения их изоляции
6. Нельзя обслуживать сварочное оборудование находящееся под напряжением
7. При проведении работ в опасных условиях необходимо ставить устройства автоматического отключения или ограничения сварочного напряжения до  $U=12$  В, выделять подсобного рабочего для наблюдения за безопасностью и использовать вспомогательные средства защиты при проведении сварочных работ
8. Работы должны производиться только в сухой одежде и обуви.

#### 4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности

Так как в процессе сварки может образоваться множество искр, высокая температура металла и большой сварочный ток, а так же может проводиться работа с открытым огнём, соответственно пожарная безопасность имеет высокий приоритет.

Главным образом пожарная безопасность обеспечивается за счет обучения персонала правилам техники безопасности, а так же изолирование пожароопасных веществ от потенциально опасных высокотемпературных источников.

Изоляция может осуществляться разными способами: горючие материалы могут быть вынесены с участка на склад. Такой вариант безопасен, но может потребовать времени для организации работ с этими материалами.

Горючие материалы могут быть складированы в безопасном месте на участке.

И еще один вариант, материалы могут быть в зоне риска, но закрыты от прямого воздействия специальными экранами.

Не смотря на предусмотренные меры вероятность пожара нельзя исключать, и поэтому в цехе размещается пожарная сигнализация, огнетушители

#### 4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

Безопасность при работе с подъемными устройствами регламентируется инструкцией по охране труда при эксплуатации грузоподъемных механизмов, грузозахватных органов и приспособлений.

К опасным факторам можно отнести:

- повышенное содержание пыли в воздухе рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура воздуха;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- пожаровзрывоопасность;
- падение грузов с высоты.

Для работы с грузоподъемными устройствами работник должен пройти обучение, стажировку с опытным работником и регулярно подтверждать свои знания, а так же иметь II группу по электробезопасности.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № докл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ</i>	Лист
						30

В свою очередь руководитель должен проводить инструктажи в соответствии с требованиями охраны труда.

Работник обязан выполнять работу безопасными методами ; проводить ремонтные и работы по техническому обслуживанию с принятиями мер предосторожности от несанкционированного подачи напряжения на электродвигатели грузоподъемного устройства.

Перед началом работы обязательно должен быть проведён контрольный осмотр, при возможности недостатки устраняются. В противном случае, когда неисправность не может быть устранена, доложить непосредственному руководителю.

Результаты осмотра должны быть записаны в вахтенный журнал.

Пред подачей питающего напряжения, проверить пульт управления, чтобы все переключатели стояли в "нулевом" положении, после чего подать напряжение и проверить на холосто ходу. При неисправности так же доложить непосредственному руководителю.

На грузоподъемный механизм должен быть нанесён инвентарный номер, грузоподъемность и дата очередного испытания.

К работам не допускается оборудование не прошедшее проверку и не имеющее бирки о прохождении проверки.

Разрешение на эксплуатацию может выдавать только лицо, ответственным по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных механизмов.

В зоне подъема и опускания груза не должны находиться люди, а зона работы должна быть хорошо освещена и не иметь запыления.

Во время работы не допускается резкий подъем или опускание груза. Перед поднятием груз должен быть надёжно застроплен и, для проверки строповки, вначале поднимается на высоту не более 300 мм.

Опускание груза производится только на подготовленную площадку, для удобства могут быть подложены подкладки.

При перемещении груза приемы должны быть закрыты или ограждены и вывешены предупреждающие знаки. В случае возникновения опасности - немедленно остановить работу.

В случае, если невозможно опустить груз, то место следует огородить и вывесить предупреждающие плакаты

Расстроповку можно производить только при устойчивой установки на отведённое место или надёжном закреплении.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ</i>	Лист
						31

По окончании работы поднять крюк в крайнее верхнее положение, а рычаги управления перевести в нейтральное положение, после чего отключить устройство от питающего напряжения.

Убрать в отведённое место использовавшийся инвентарь.

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

Производство малосерийное.

Заготовки приходят в цех и складываются на складе заготовок. Далее заготовки отправляются с помощью кран-балки на участок сборки и сварки. После процесса сварки деталь перемещают на межоперационный склад. По окончании всех операции, деталь перемещают на склад готовых изделий. После этого идет отгрузка и отправка изделий из цеха.

Во время сборочной операции на участке должны быть помощники для более качественной сборки, а во время сварки находится только оператор сварочной установки и на безопасном удалении следит за процессом.

Все проходы Должны быть не менее 1,6 м. Проезд не менее 2,6 м.

Зоны сварки необходимо оснастить вентиляцией, а так же зона должна быть огорожена экранами для защиты окружающих.

Сварщик должен иметь сварочную маску, перчатки и огнеустойчивую одежду. Работать в сухой одежде и обуви.

Источники питания обязательно заземлены.

Каждый сварочный участок должен иметь огнетушитель, ведро и ящик с песком и лопатой.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ</i>	Лист
						32



## 5. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 План эксперимента, цель и задачи.

Цель эксперимента: проверить сварное соединение на устойчивость к заданной нагрузке.

Задачи:

1. Проверить модель сварного соединения без наличия дефектов
2. Проверить сварное соединение с порой критического размера
3. Проверить сварное соединение с подрезом критического значения
4. подвести итоги эксперимента

### 5.2 Результаты проведенных исследований.

Для расчета сварного соединения, применяемого для сборки насоса со штампованными переходами, создаём двухмерный фрагмент в графическом редакторе "Компас" (рис.5.1.1), на котором изображены свариваемые детали, заглушки и сварной шов. Для облегчения расчета берётся узкий участок, который позволит узнать, где будет максимальное напряжение и, соответственно, где начнётся разрушение изделия. Графическая модель портируется в ANSYS в формате IGES

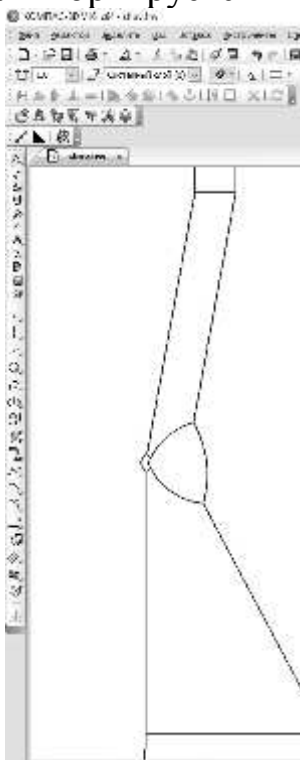


Рисунок 5.2.1 - эскиз сечения детали

После перенесения модели в ANSYS выбираем тип задачи, осесимметричная. Задаём тип конечного элемента, и моделируем материалы основного металла и металла шва.

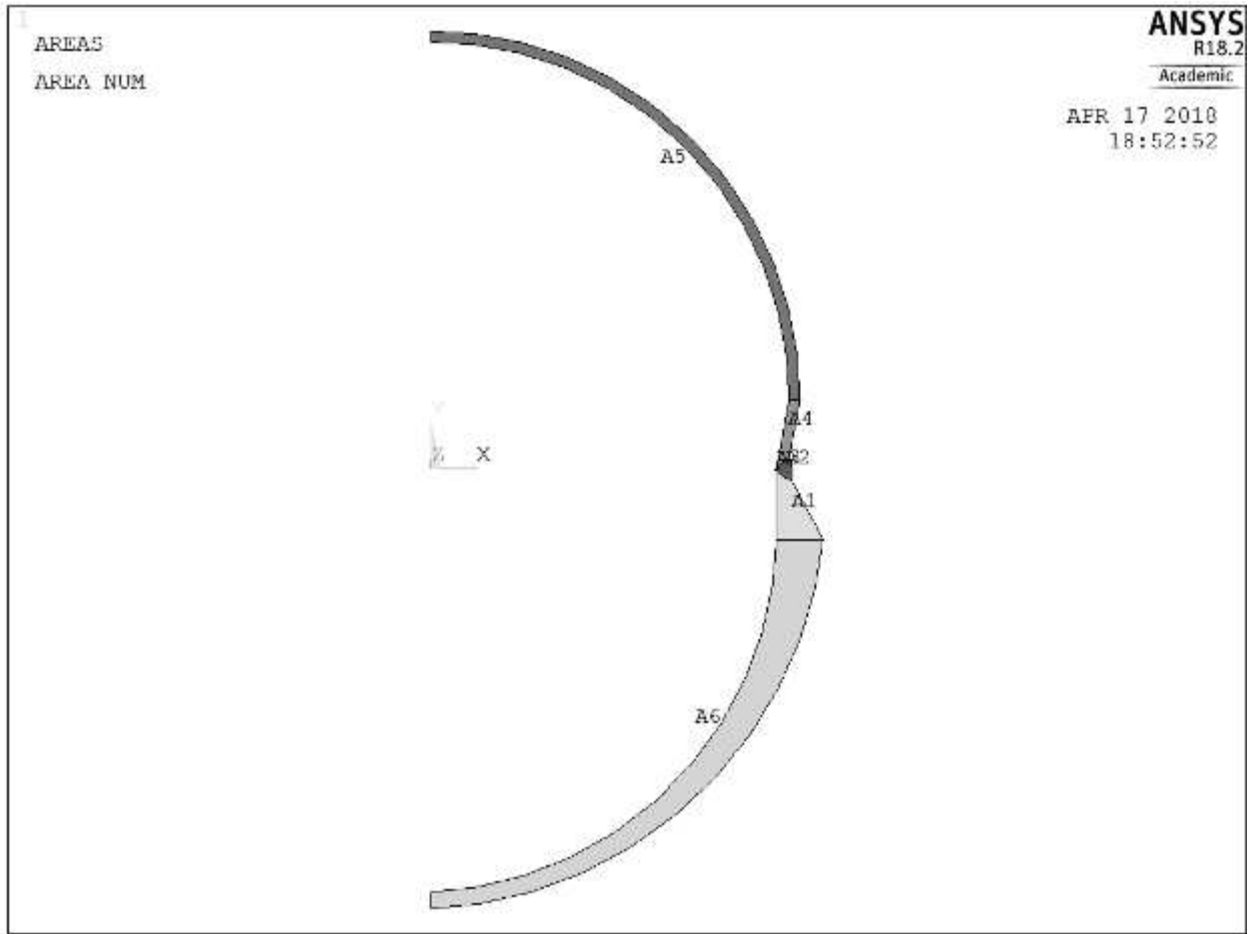


Рисунок 5.2.2 - площади модели

Следующий этап - задание типа и размера конечных элементов. Чем больше конечных элементов - тем точнее расчет, но, соответственно, затрачивается больше времени. Так как используется учебная версия, то в ней стоит ограничение по максимальному числу конечных элементов. Выход из данной ситуации заключается в том, что для неинтересующих нас элементов модели применяется разбиение на более большие, по размеру, элементы, а в интересующей нас части конструкции разбиваем на более большее количество элементов с меньшим размером каждого отдельного элемента. При необходимости мы можем увеличить количество элементов в любой части модели.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

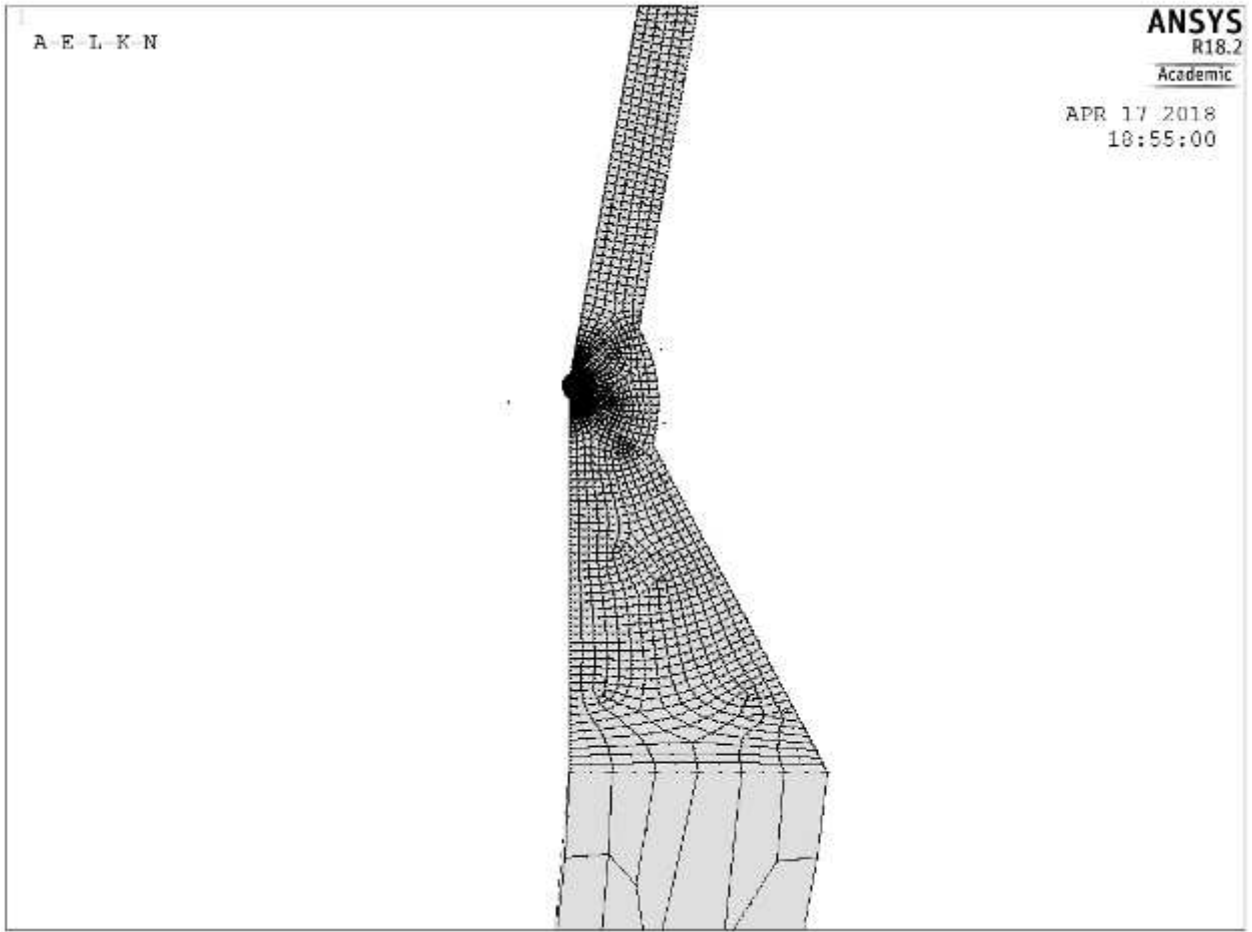


Рисунок 5.2.3 - разбиение на конечные элементы

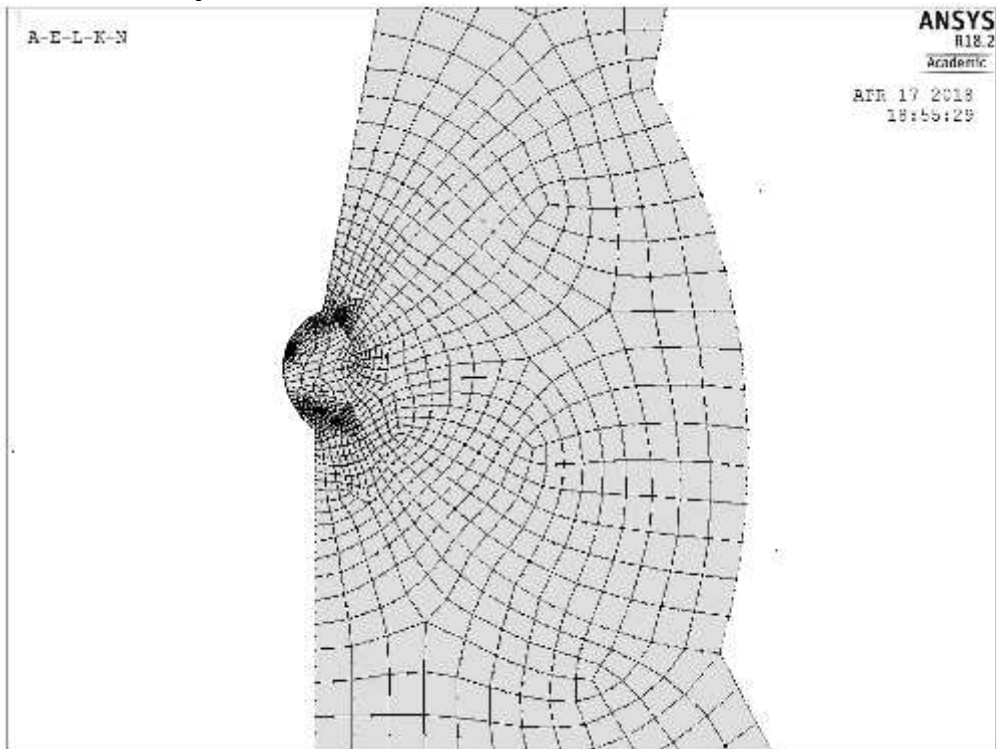


Рисунок 5.2.4 - разбиение на конечные элементы в районе металла шва.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

Заключительным этапом создания модели является задание точек закрепления, две точки, перемещение которых запрещено, и задание нагрузки, в виде давления. Давление, на внутреннюю стенку модели, задаём заведомо большее, чем максимальное рабочее давление изделия, для выяснения максимальновозможного давления при эксплуатации изделия.

Для того, что бы можно было увидеть результат - задачу необходимо решить. Перед решением задаём количество шагов решения, для того, что бы узнать в какой момент времени и при каком давлении конструкция перестанет существовать и задача из статики перейдёт в динамику.

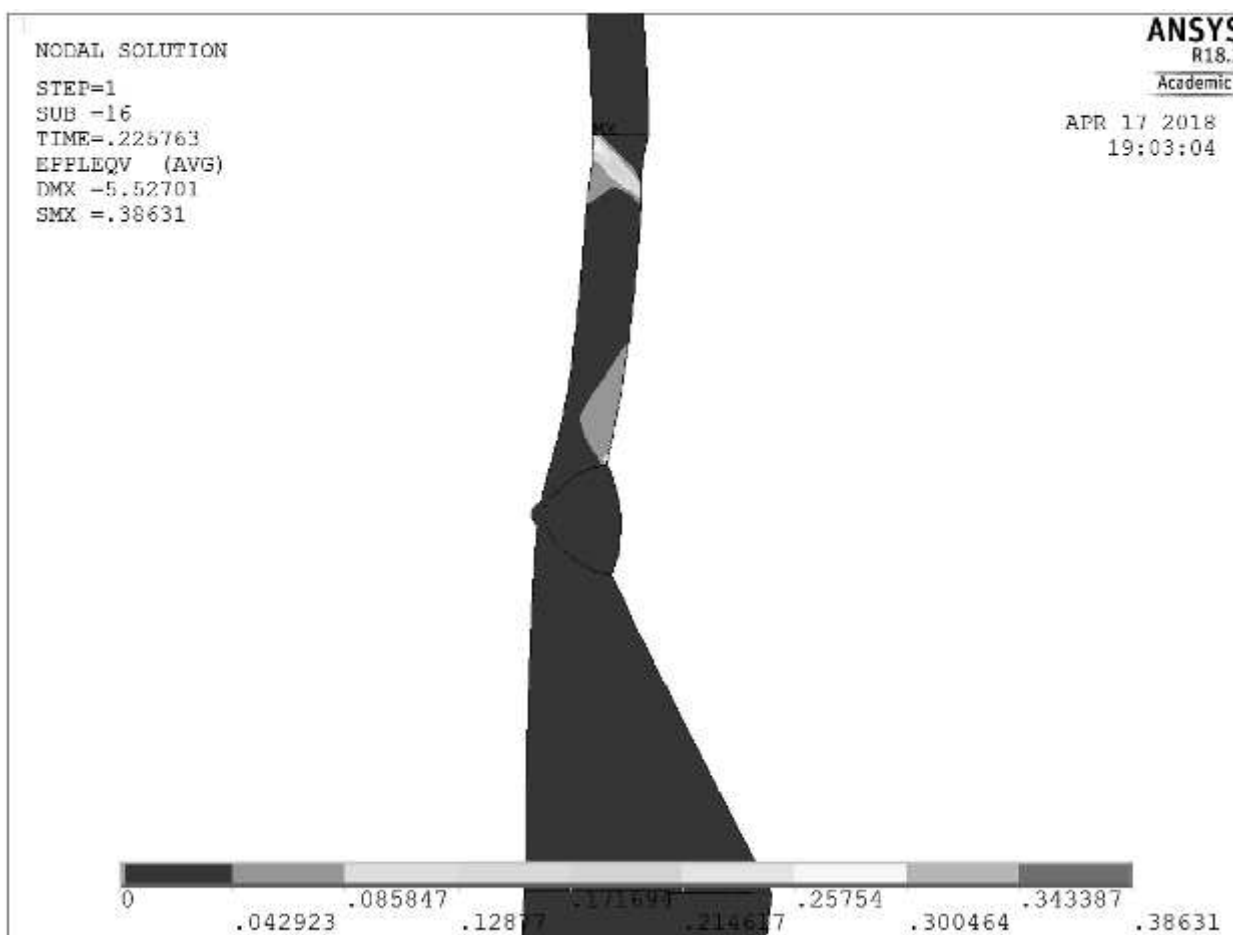


Рисунок 5.2.5 - результат решения задачи.

Как можно увидеть из результата решения задачи, в районе сварного соединения не наблюдается критических напряжений, разрушение начинается по основному металлу.

Проверка сварного шва с включенной порой

Сварное соединение не бывает полностью бездефектным, поэтому

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

модифицируем данную задачу, вводя в сечение сварного шва пору диаметром 3 мм.

Решение задачи показано на рисунке 5.2.6.

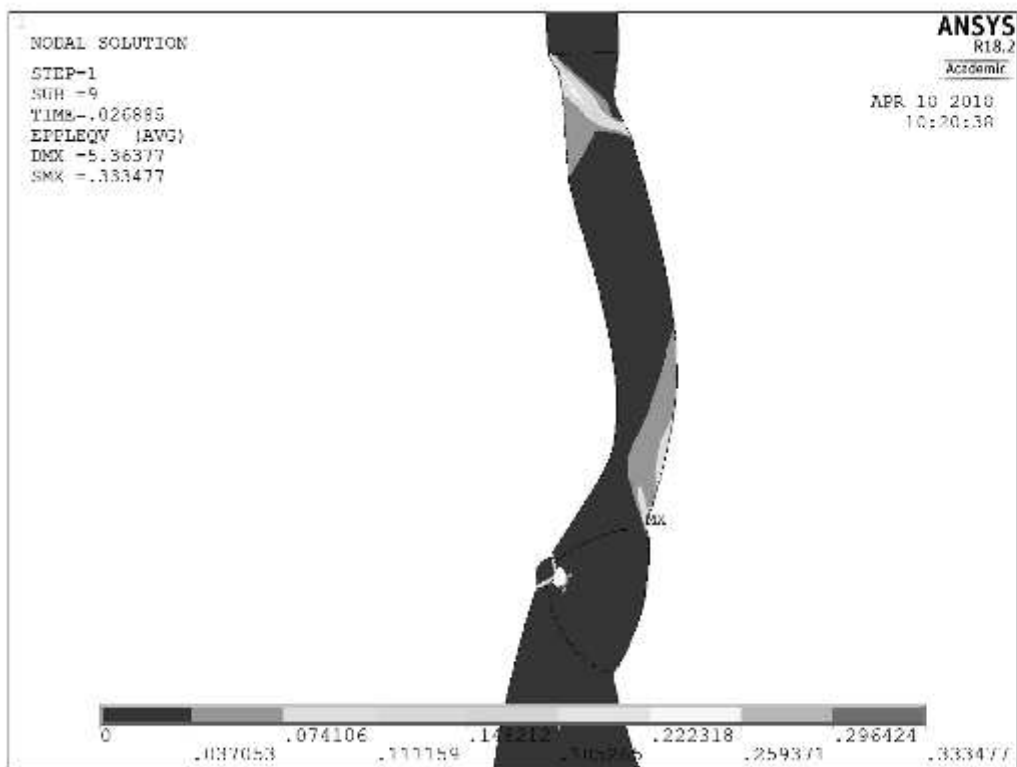


Рисунок 5.2.6 - Сварочный шов с порой.

На данном рисунке все пластические деформации увеличены в 5 раз, что даёт более наглядное представление о протекающих деформациях.

Из рисунка 4.2.1 видно, что пластические деформации возникают в шве и в околошовной зоне, но пик пластических деформаций приходится на основной металл. Так же видно, что предполагаемое разрушение изделия произойдёт по основному металлу.

#### Проверка сварного шва с подрезом

Для своей проверки я взял подрез глубиной  $h=1$  мм расположенный с одной стороны сварного шва. Графический результат расчета можно увидеть на рисунке 5.2.7.

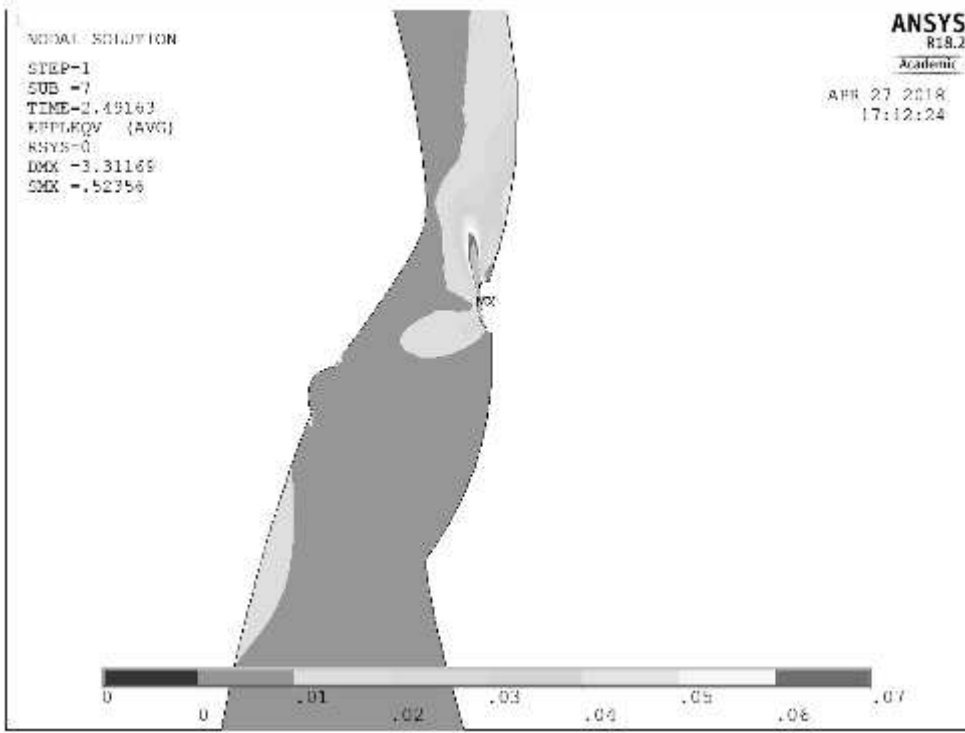


Рисунок 5.2.7 - Сварочный с подрезом

На данном рисунке все деформации увеличены в 10 раз. Видно, что значительные напряжения возникают в околошовной зоне.

Возле шва напряжения значительно выше, чем в основном металле, поэтому можно спрогнозировать разрушение в околошовной зоне. Поэтому подрезы глубиной  $h \geq 1$  не допустимы в нашей конструкции.

Так же стоит отметить, что подрез является протяженным дефектом и рассматривать его можно в сочетании с другими дефектами.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дудл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте была проанализированна базовая технология производства, в которой был выявлен существенный недостаток, влияющий на производительность и качество продукции.

В проектном варианте предлагается заменить сварку с полуавтоматической на орбитальную автоматическую сварку, а так же разработан концепт сборочно-сварочного стенда.

Предлагаемый проект технологии должен увеличить производительность, повысить качество сварных швов, а так же снизить расход присадочного материала.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ	Лист
						39

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 16037-80. Соединение сварных стальных трубопроводов.
2. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы.
3. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.
4. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
5. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
6. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.
7. [stalevarim.ru](http://stalevarim.ru)
8. <https://gazovik-pgo.ru>

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКО НОУ. Системы и проектирование", Россия. Все права защищены

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЮУрГУ-15.03.01.2018.137.00 ПЗ	Лист
						40