

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего 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

« ____ » _____ 2019 г.

Совершенствование технологии сварки короба для
поворотной стрелы автокрана КС-55732 «Челябинец»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.03.01.2019.152.00 ПЗ ВКР**

Руководитель работы

_____ Должность

_____ Подпись

_____ И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2019 г.

Автор работы

студент группы П-440

_____ В.И. Панькин

« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролёр

старший преподаватель

_____ Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2019 г.

Челябинск, 2019

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	8
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	12
2.1 Базовый вариант технологического процесса	12
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса	19
2.3 Выбор способа сварки.....	20
2.3.1 Описание метода сварки.....	23
2.4 Выбор сварочных материалов	25
2.5 Расчет режимов сварки	27
2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования	31
2.6.1 Описание конструкции сборочной установки	32
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	33
3.1 Способы и средства контроля качества.	33
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.....	35
3.3 Оборудование для контроля качества.....	38
3.4 Методика контроля	40
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	41
4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов ..	41
4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ.....	41
4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда.....	44
4.2.2 Обеспечение электрической безопасности.....	47
4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности	49
4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами.....	50
4.4 Планировка оборудования и рабочих мест цеха (участка)	52
5 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	54

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.152.00 ПЗ				

5.1 План эксперимента, цель и задачи	54
5.2 Результаты проведенных исследований (прочности, остаточных напряжений)	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	60
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	61

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Челябинский механический завод - машиностроительное предприятие по производству автомобильных кранов марки КС ЧЕЛЯБИНЕЦ, кранов на гусеничном ходу марки ДЭК и специальных кранов. Так как краны относятся к ответственным конструкциям, поломка которых может привести к материальным и людским жертвам, то к ним предъявляются всё более высокие требования к качеству сварных швов. Из-за длин основных узлов кранов приходится накладывать длинные продольные швы что приводит к короблению металла. Деформация металла может стать проблемой как для точности конструкции, так и для сварного шва. Это приводит к тому что нужно искать другие способы сварки и наложения швов. Таким способом является увеличение количества прихваток что уменьшит деформацию при сварке, но и замедлит процесс сборки. Так же можно применить обратно ступенчатый способ сварки что уменьшит коробление металла. При сварке в стык можно избежать деформаций качественной подготовкой кромок и разделкой в виде букв V, U или X. Возможно также применить специальные приспособления для сварки: зажимы, контователи и т.д.

Целью данной работы является подбор оптимальных параметров сварки с целью уменьшения указанных дефектов.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ конструкции изделия

Короб – закрытая полая конструкция является частью стрелы автомобильного крана состоящий из пяти различных частей: двух верхних частей, подложки и двух нижних частей. С двумя продольными сварными швами. Длина короба 9223 мм и толщина стенки 6 мм. Высотой 630 мм и шириной 540 мм. Короб показан на рисунках 1.1 и 1.2.

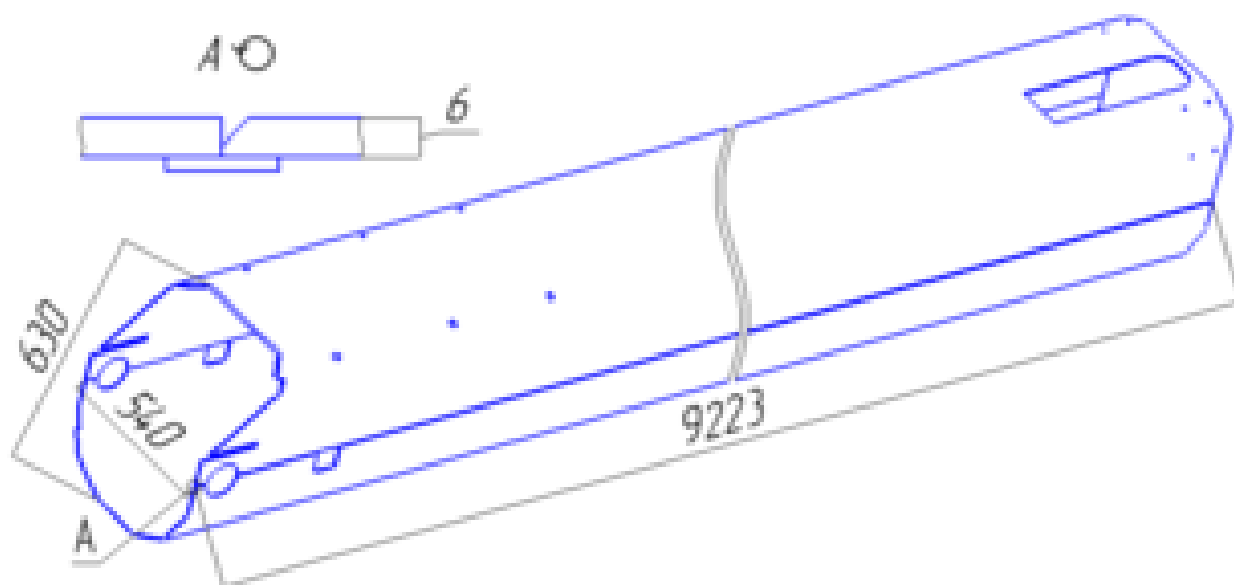


Рисунок 1.1 – Короб

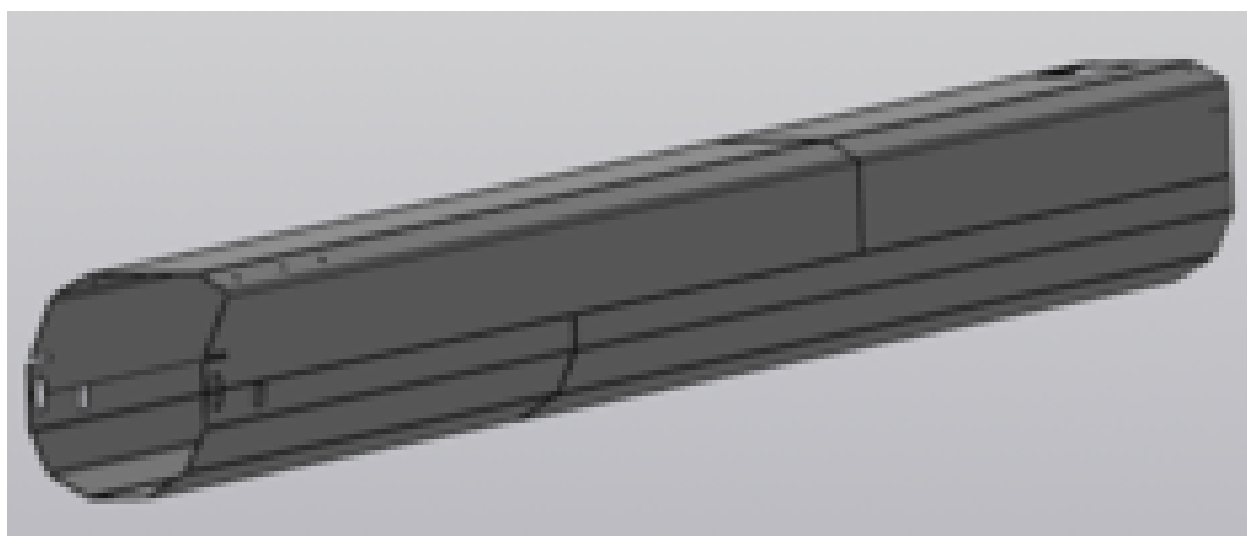


Рисунок 1.2 – Короб 3Д

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.2 Материал изделия и его свариваемость

Короб изготавливается из стали марки 09Г2С, сталь конструкционная для сварных конструкций, легированная кремнемарганцовистая, соответствует стали для строительных конструкций С345, имеет хорошую свариваемость, сварка производится без подогрева и без последующей термообработки.

Сталь взята по заводскому сертификату стали 09Г2С

Таблица 1.1 – Химический состав материала

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,09	0,61	1,41	0,14	0,009	0,014	0,07	0,011	0,21	0,007

Примечание – Содержание химических элементов приведено в процентах

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C материала 09Г2С

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)
19281-73	Сортовой и фасонный прокат	до 10	345	490	21

Оценка свариваемости стали

Расчет на оценку возможности появления холодных трещин производится по следующей формуле:

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

Рассчитаем возможности появления холодных трещин для стали 09Г2С по формуле (1):

$$C_{\Sigma} = 0,09 + \frac{1,41}{6} + \frac{0,61}{24} + \frac{0,07}{5} + \frac{0,14}{40} + \frac{0,21}{13} + \frac{0,014}{2} = 0,39\%$$

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Если $C < 0,4\%$, то сварка стали не вызывает затруднений, при $0,46\% < C < 0,55\%$ - сварка возможна, но требует принятия специальных мер по предотвращению возникновения трещины. А при $C > 0,55\%$ опасность появления трещин резко возрастает.

Делаем вывод, что для 09Г2С имеет хорошую свариваемость, специальные меры для повышения качества сварного соединения не требуются.

Если речь идёт об опасности образования горячих трещин в металле сварного шва, то оценить свариваемость стали по этому критерию можно при помощи показателя HCS, вычисляемого по формуле:

$$HCS = \frac{C \cdot \frac{S+P+\frac{Si}{25}+\frac{Ni}{100}}{1000}}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \quad (2)$$

Рассчитаем возможности появления горячих трещин по формуле (2):

$$HCS = \frac{0,09 \cdot \left(0,009 + 0,014 + \frac{0,61}{25} + \frac{0,14}{100}\right) \cdot 1000}{3 \cdot 1,41 + 0,07} = 2,13\%$$

Так как $HCS < 4$, то риск образования горячих трещин не возникает, следовательно, предварительный подогрев не нужен.

1.3 Условия эксплуатации изделия

Короб — это секция стрелы, которая применяется в Автокране КС-55732 Челябинец (рис 1.3) изготовлен на шасси Камаз (ЕВРО-4), предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных, строительномонтажных работ в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях, а также выполнения обычных операций с обычными грузами. Кран рассчитан на эксплуатацию при температуре окружающего

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

воздуха от минус 40 до плюс 40 °С. Транспортное передвижение крана между объектами работ предусмотрено по дорогам с твердым покрытием. Низкие нагрузки на оси шасси позволяют передвигаться по дорогам общего пользования без ограничений со скоростью 60 км/ч.



Рисунок 1.3 – Автокран

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Производство сварного короба начинается со снятия припусков (рис. 2.1) с частей короба поз. 1,2,3,4 газом вручную, $L_{\text{реза}}=40$ мм на каждую часть короба. Используется резак Р2ПГ. Затем происходит зачистка мест реза технологических припусков с помощью шлифовальной машинки ИП 2203 ТУ 22-4831-80 и следом зачистка мест под сварку от грязи, масел,

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ржавчины и других загрязнений на величину не менее 20 мм по обе стороны от сварных кромок;



Рисунок 2.1 – Снятие припусков

1) Сборка и сварка нижней части короба (поз. 1,2):

На стол для сборки короба устанавливаются нижние части короба поз. 1 и 2 выдерживая размер 9223 мм согласно КЭ. Затем прихватывают стык соединения нижних частей короба, кантуют сборку 3 раза на 90°. Прихватки выполняются по типу С8-УП, при $I_{св} = 150...160$ А, $L_{пр} = 10...15$ мм, кол-во прихваток 12. После чего проводится контроль сварного соединения и околошовной зоны: рабочим 100% и контроль мастером 20%. После проводят зачистку места прихваток и прилегающие зоны от шлака и брызг. И покрывают место сварки и околошовные зоны водным раствором спиртово-сульфитной барды для защиты от брызг расплавленного металла. Полуавтоматом Drive 4x Нр и источником питания Taurus 505 Synergic производится сварка поперечного шва, вид Б, сварное соединение выполняется по типу С2-УП ГОСТ 14771-76. Сварка производится от середины к краям обратноступенчатым способом и

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

перекрытие между участками сварного шва не менее 15 мм. Сварка выполняется $I_{св} = 200...220$ А, $U_{д} = 25 - 27$ В, $L_{шва} = 945$ мм, 7 переходов, 3 кант. на 90° . Проводится ВИК сварных швов на соответствие размерам КД. И зачистка поперечных швов внутренней поверхности короба (рис. 2.2) заподлицо с основным металлом согласно КЭ. Зачищают околошовную зону от брызг расплавленного металла, выполняя пункт 4 ТТ на поверхностях Д короба сварные брызги и усиление сварных швов не допускаются. При зачистке сварных швов шлиф. машинку располагать так, чтобы риски располагались параллельно продольной оси короба;

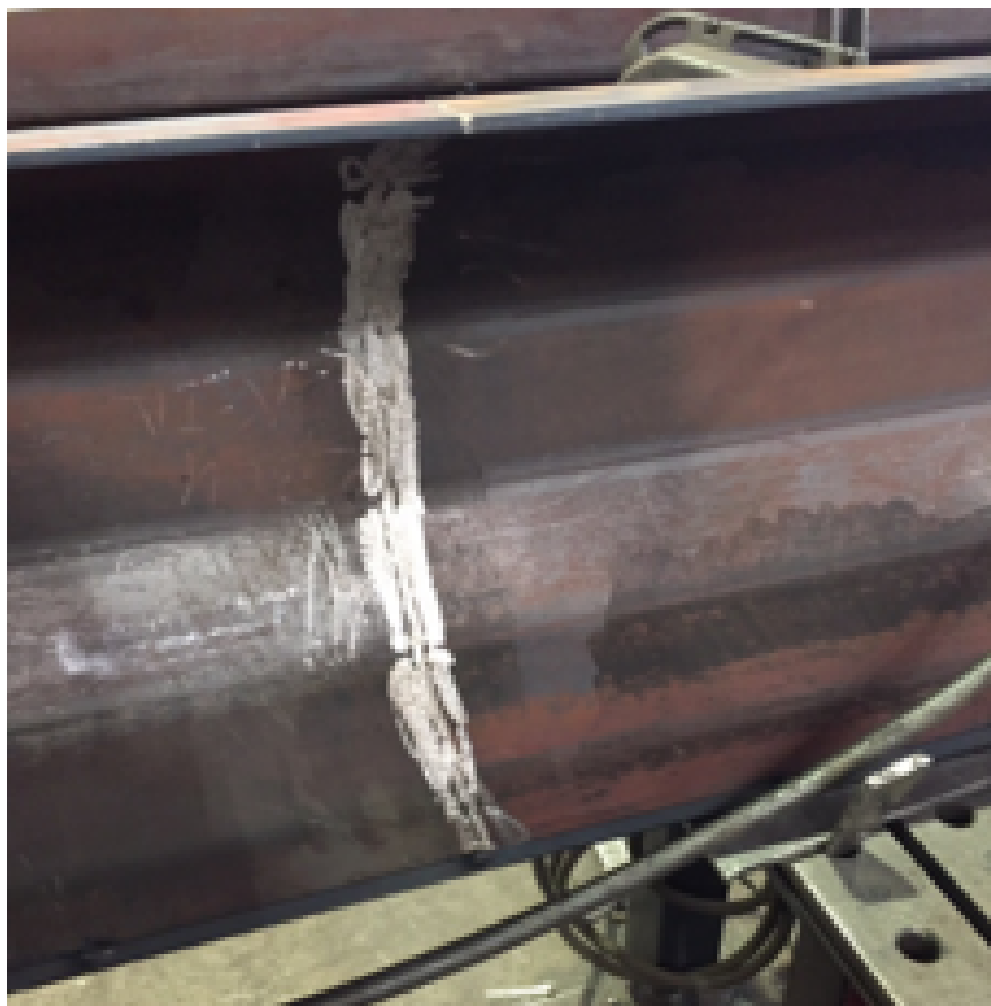


Рисунок 2.2 – Зачистка после сварки нижних частей короба

2) Сборка и сварка нижней части (поз. 1,2) короба и подкладки (поз. 6):

Разрезают подложки поз. 6 по разметке на нижней части короба, газом вручную $L_{реза} = 128$ мм. Используется резак Р2ПГ. Затем происходит зачистка

					<i>15.03.01.2019.152.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						14
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

мест реза на разрезанных подложках с помощью шлифовальной машинки ИП-2203 ТУ 22-4831-80. Сборка производится с помощью выпрямителя FastMig КМ и полуавтоматом FastMig MF. Устанавливают на нижний полукороб по разметке подложки поз. 6 (10 шт.) выдерживают размер 8 мм согласно КЭ (рис. 2.3). Установка выполняется двумя сварщиками. Производят сварку подложек прерывистым швом №1 по типу Н1-УП с шагом 10/50 согласно эскизу. Кантуют один раз на 180° для сварки в нижнем положении. Сварка выполняется $I_{св} = 200...220$ А, $U_{д} = 25 - 27$ В, $L_{шва} = 3600$ мм, 360 переходов, 1 кант. на 180°;



Рисунок 2.3 – Приварка подложки к нижней части короба

3) Сборка и сварка верхней части короба (поз. 3,4):

На стол для сборки короба устанавливаются верхние части короба поз. 3 и 4 основанием на поверхность (рис 2.4). Затем прихватывают стык соединения верхних частей короба. Прихватки выполняются по типу С8-УП, при $I_{св} = 150...160$ А, $L_{пр} = 10...15$ мм, кол-во прихваток 11. После чего проводится контроль сварного соединения и околошовной зоны: рабочим 100% и контроль мастером 20%. После проводят зачистку места прихваток и прилегающие зоны от шлака и брызг. И покрывают место сварки и околошовные зоны водным раствором спиртово-сульфитной барды для защиты от брызг расплавленного металла. Полуавтоматом Drive 4x Нр и источником питания Taurus 505 Synergic производится сварка поперечного

					<i>15.03.01.2019.152.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

шва, вид Б, сварное соединение выполняется по типу С2-УП ГОСТ 14771-76. Сварка производится от середины к краям обратноступенчатым способом и перекрытие между участками сварного шва не менее 15 мм. Сварка выполняется $I_{св} = 200...220$ А, $U_d = 25 - 27$ В, $L_{шва} = 1112$ мм, 5 переходов, 3 кант. на 90° . Проводится ВИК сварных швов на соответствие размерам КД. И зачистка поперечных швов внутренней поверхности короба заподлицо с основным металлом согласно КЭ. Зачищают околошовную зону от брызг расплавленного металла, выполняя пункт 4 ТТ на поверхностях Д короба сварные брызги и усиление сварных швов не допускаются. При зачистке сварных швов шлиф. машинку располагать так, чтобы риски располагались параллельно продольной оси короба;



Рисунок 2.4 – Верхние части короба

4) Сборка и сварка верхней части (поз. 3,4) и нижней части короба (поз. 1,2):

Сборка производится с помощью выпрямителя FastMig КМ и полуавтоматом FastMig MF. На стол для сборки коробов устанавливают

					<i>15.03.01.2019.152.00 ПЗ</i>	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нижний полукороб и на нижний полукороб устанавливают верхний выдерживая размер 630 мм, устанавливают струбцину на верхний короб поджимая верхний короб к подложкам поз. 6 выдерживая размер 540 мм согласно КЭ. Прихватывают верхнюю часть короба к нижней с переустановкой струбцины по мере необходимости. Прихватки выполняют по типу С10-УП, при $I_{св} = 150...160$ А, $L_{пр} = 50/200$ мм, кол-во прихваток 90. Зачищают места прихваток и прилегающие зоны от шлака и брызг. Затем короб передается на место сварки с помощью мостового крана. Сварка производится с помощью полуавтомата Drive 4x Нр и источника питания Taurus 505 Synergic. Устанавливают короб на подставки и покрывают места сварки и околошовные зоны водным раствором спиртово-сульфитной барды для защиты от брызг расплавленного металла. Сначала сваривают поперечные швы, а затем продольных согласно КЭ, кантуя 4 раза на 90° для сварки в нижнем положении. Сварка продольных швов производится от середины к краям обратно-ступенчатым способом (рис. 2.5) двумя сварщиками одновременно. Прикрытие между участками сварного шва не менее 15 мм.

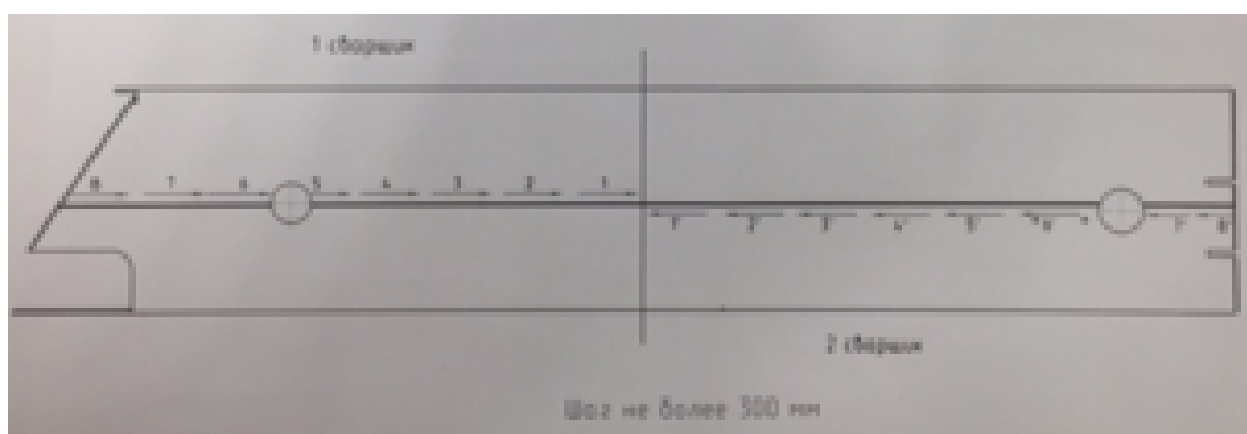


Рисунок 2.5 – Схема наложения сварных швов

Сварка выполняется $I_{св} = 200...220$ А, $U_{д} = 25 - 27$ В, $L_{шва} = 20100$ мм, 62 переходов, 4 кант. на 90°. Проводится ВИК сварных швов на соответствие размерам КД. Зачистка сварных швов, выполняется с помощью шлифовальной машинки ИП-2203 ТУ 22-4831-80, с плавным переходом к

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

основному металлу. Шов №3 зачищают (рис. 2.6) с плавным переходом к основному металлу и зачищают околошовную зону от брызг расплавленного металла, пыли, грязи и окалины. Ширина подготовленных под контроль УЗК зоны сварных швов №2 и №3 с каждой стороны шва должно быть не менее 100 мм. Сборку кантовать 2 раза на 90°. При зачистке сварных швов машинку располагать так, чтобы риски располагались параллельно продольной оси короба;



Рисунок 2.6 – Продольный сварочный шов №3

5) Контроль:

Контролируется зачистка, правильность сборки узла и размеры 9223, 8, 630, 5407 мм согласно КЭ. Замер допуска параллельности 1,6 мм и скручивания проводить согласно ТИ25-2018 от 21.05.18, также контролируются геометрические размеры и внешний вид сварных швов. Используется дефектоскоп «пеленг» УДЗ-103. Сварной шов №2, №3

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

контролируются УЗК по ГОСТ 14782-86 после устранения дефектов выявленных внешним осмотром оформляется заключение и предъявляется ОТК. После УЗК смывают глицерин раствором «Fary + теплая вода» и транспортируют короб (рис. 2.7) на место складирования.



Рисунок 2.7 – Собранный короб

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

В базовом тех. процессе сварка шва №2 производится с подкладкой, которая имеет ряд недостатков:

- Увеличение усталостной долговечности сварного соединения в сравнении с сварным соединением без подкладки;

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Увеличение затрат металла;
- Низкая производительность в сравнении с сварным соединением без подкладки.

В проектируемом варианте технологического процесса было принято решение использовать способ с обратным формированием шва (Wise Root) так как он имеет ряд преимуществ, которые устраняют недостатки базового технологического процесса:

- Высокая производительность;
- Уменьшение затрат металла;
- Более высокая скорость сварки;
- Отсутствие брызг;
- Снижение деформаций;
- Более лучшее качество шва (благодаря контролю тока и напряжения);
- Возможность сварки во всех положениях.

2.3 Выбор способа сварки

Рассмотрим следующие варианты сварки:

- Механизованная сварка под слоем флюса
- Механизованная сварка в среде защитного газа

Механизованная сварка под слоем флюса – при сварке под флюсом дуга горит в закрытой полости, защищенной от воздействия атмосферы эластичной оболочкой расплавленного флюса. Металл шва состоит на 2/3 из расплавленного основного металла и на 1/3 из расплавленного присадочного металла. При автоматической сварке возбуждение дуги, поддержание ее горения, подача электродной проволоки, перемещение дуги вдоль кромок и заварка кратера в конце шва механизированы.

Преимущества механизированной сварки под слоем флюса:

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

- 1) Повышенная производительность;
 - 2) Возможность резкого увеличения силы сварочного тока. Лучшее использование тока заметно экономит расход электроэнергии;
 - 3) Заключение дуги в газовый пузырь со стенками из жидкого флюса практически сводит к нулю потери металла на угар и разбрызгивание, суммарная величина которых не превышает 2% веса расплавленного электродного металла. Отсутствие потерь на угар и разбрызгивание, и уменьшение доли электродного металла в образовании шва позволяют весьма значительно экономить расход электродной проволоки;
 - 4) Максимально надёжная защита зоны сварки;
 - 5) Минимальная чувствительность к образованию оксидов;
 - 6) Мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
 - 7) Не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
 - 8) Низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
 - 9) Малые затраты на подготовку кадров;
 - 10) Сварные швы получают равномерного и очень высокого качества.
- Недостатки механизированной сварки под слоем флюса:

- 1) Трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- 2) Расход флюса по весу в среднем равняется весу израсходованной проволоки, и стоимость его оказывает существенное влияние на общую стоимость сварки;
- 3) Трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- 4) Невидимость места сварки, закрытого толстым слоем флюса. Невидимость места сварки повышает требования к точности

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подготовки и сборки изделия под сварку, затрудняет сварку швов сложной конфигурации;

- 5) Нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования;
- 6) Отсос и сбор флюса, пересыпка для повторного его использования являются дополнительными источниками пылевыведения. Установлено, что при повторном использовании флюса запыленность воздушной среды выше в 2 раза, чем при сварке под свежим флюсом.

Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов – это разновидность электрической дуговой сварки, при которой электродная проволока подается автоматически с постоянной скоростью, а сварочная горелка перемещается вдоль шва вручную. При этом дуга, вылет электродной проволоки, ванна расплавленного металла и ее застывающая часть защищены от воздействия окружающего воздуха защитным газом, подаваемым в зону сварки.

Преимущества механизированной сварки в защитных газах:

- 1) Высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- 2) Возможность сварки в различных пространственных положениях;
- 3) Отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- 4) Возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- 5) Высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- 6) Низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

Недостатки механизированной сварки в защитных газах:

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1) Необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла;
- 2) Потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия;
- 3) Наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Проанализировав оба метода (их достоинства и недостатки), выбор сделан в пользу механизированной сварки в среде защитных газов, так как короб, имеет склонность к образованию пластических деформаций, и для уменьшения вероятности их появления необходимо было выбрать тот способ где меньше температура сварки.

2.3.1 Описание метода сварки

Технология WiseRoot основана на цифровом контроле параметров на выходе сварочного аппарата – сварочного тока и напряжения. Электроника отслеживает короткие замыкания и контролирует точное время перехода капли металла с конца проволоки в сварочную ванну. Это технология сварки модифицированной короткой дугой.

Принцип работы технологии WiseRoot основан на разделении цикла сварки на два разных периода. Это период короткого замыкания и период горения дуги, чередующиеся между собой. WiseRoot – это процесс сварки модифицированной короткой дугой, принципиально отличный от импульсной сварки. В период короткого замыкания поступающая проволока замыкается накоротко на сварочную ванну, ток резко увеличивается и остается на заданном уровне. В начале периода короткого замыкания есть короткий резкий скачок сварочного тока в момент контакта кончика проволоки со сварочной ванной.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В течение периода короткого замыкания резкий скачок тока до заданного уровня завершается так называемой отщепляющей силой, которая отделяет каплю металла с конца сварочной проволоки. Плавное отделение капли обеспечивается медленным уменьшением сварочного тока. В момент переноса капли в сварочную ванну начинается второй период роста тока, и происходит зажигание дуги. Управление процессом точно показывает момент отделения капли и зажигания дуги. Точный контроль времени роста и снижения тока гарантирует отсутствие брызг при переходе от короткого замыкания к горению дуги.

В период горения дуги формируется сварочная ванна и обеспечивается необходимое проплавление корня шва. Эти два периода роста тока следуют друг за другом, в конце каждого из них ток устанавливается и держится на заданном значении. Точно выставленная и удерживаемая базовая сила тока гарантирует перенос каждой следующей капли в течение периода короткого замыкания.

Интенсивный и точный контроль сварочного тока в сочетании с точной формой волны в процессе сварки обеспечивают бесперебойное отделение капель и их перенос в сварочную ванну практически без брызг. Это гарантирует стабильность дуги и простоту управления процессом сварки.

Цикл горения дуги при использовании технологии WiseRoot показан на (рис. 2.8).

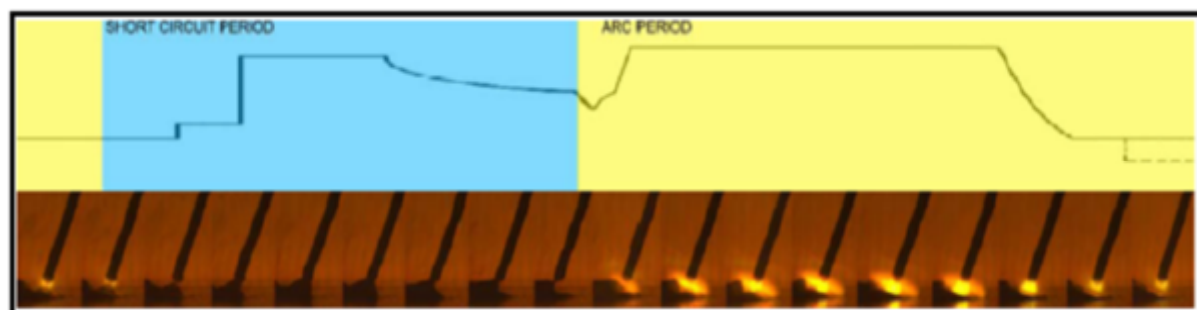


Рисунок 2.8 – Цикл горения дуги технологии WiseRoot

2.4 Выбор сварочных материалов

Выбрав подходящий метод сварки, выберем сварочные материалы.

Для сварки короба необходимо выбрать марку проволоки:

Рассмотрим два варианта проволоки по ГОСТ-2246-70: ER70S-6 и Св-08Г2С.

Сравним химический состав проволок ER70S-6 (Таблица 2.1) и Св-08Г2С (Таблица 2.2), и их механические свойства (Таблица 2.3)

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки ER70S-6

C	Mn	Si	S	P	Cu
0.06 - 0.15	1.40 - 1.85	1.50-1.85	≤ 0.035	≤ 0.025	≤ 0.50

Примечание – Содержание химических элементов приведено в процентах

Таблица 2.2 – Химический состав проволоки Св-08Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0.05	0.7	1.8 - 2.1	≤ 0.25	≤ 0.025	≤ 0.03	≤ 0.2	≤ 0.01

Примечание – Содержание химических элементов приведено в процентах

Таблица 2.3 – Основные показатели свойств проволок ER70S-6 и Св-08Г2С

Показатель	Расчетная формула	ER70S-6	Св-08Г2С
Чувствительность к горячим трещинам	$HSC = \frac{C \cdot (S + P + 0,04 \cdot Si + 0,01 \cdot Ni) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \leq 4$	1.71	0.76
Чувствительность к холодным трещинам	$C_{экр} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \leq 0,45\%$	0.41	0.42
Предел прочности металла шва после сварки, МПа	$\delta_B = 15.4(16 + 12.5C + 15(Mn + Cr) + 12Mo + 8Ni)$	581	749

Исходя из данных таблицы 2.3, можно сделать вывод о том, что пониженная сопротивляемость проволоки Св-08Г2С холодным трещинам компенсируется сопротивляемостью горячим трещинам и повышенной прочностью металла шва после сварки. Прочностные показатели проволоки Св-08Г2С по сравнению ER70S-6, выше на 20-40% в зависимости от температуры отпуска. Таким образом, применив проволоку Св-08Г2С, взамен проволоки ER70S-6, обеспечивается повышение прочностных свойств примерно на 30%, при сохранении пластических и вязких характеристик.

Выбор сварочного защитного газа:

Учитывая рекомендации производителя сварочной проволоки, рассмотрен сварочный защитный газ. Два самых распространенных защитных газа для сварки стали механической сваркой - CO₂ (углекислый газ) и Ar+CO₂ (сварочная смесь на основе аргона). Защитный газ позволяет должным образом выполнить сварочные работы в местах, где шов должен быть безупречным. Конечно, если сварка производится на не лицевых панелях или в условиях постоянного сквозняка, вне помещения, придётся использовать специальную флюсовую сварочную проволоку.

Углекислый газ оказывает на металл сварочной ванны окисляющее, а также науглероживающее действие. Препятствием для применения углекислого газа в качестве защитной среды являются поры в швах. Поры вызываются при кипении затвердевающего металла сварочной ванны из-за выделения CO, вследствие недостаточной раскисленности металла.

Чистый аргон даёт отличные результаты при сварке цветных металлов. Тем не менее, этот газ в чистом виде дает не вполне удовлетворительную характеристику при сварке черных металлов. Аргоновая дуга имеет тенденцию к прожогу.

Добавление к аргону 3-10% углекислого газа (вплоть до 25%) дает заметное улучшение характеристики.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Проведён тест со стальными пластинами.

Сравнения сварки CO₂ и ArCO₂ (82 – 18%): пластина 6 мм, проволока 1,6 мм.

(на картинке: слева – CO₂, справа – ArCO₂)

CO₂: дуга не стабильная, сильное разбрызгивание металла.

ArCO₂: дуга стабильная, шов аккуратный.



Заключение: При использовании смеси (Ar+CO₂) процесс сварки протекает «мягче» и значительно быстрее, шов получается ровнее, а сопрягаемая поверхность чище.

Результаты использования Ar+CO₂:

- 1) Увеличение производительности сварки за единицу времени;
- 2) Снижение потерь на разбрызгивание металла на 80%;
- 3) Заметное снижение количества брызг в районе шва для сварки (это очень важно, так как удаление брызг – трудоемкая операция);
- 4) Увеличение глубины провара шва, снижение пористости металла;
- 5) Отсутствие пор в сварочном шве и, как следствие, повышение прочности конструкций.
- 6) Улучшение условий труда и существенное снижение неблагоприятного воздействия на здоровье человека.

Таблица 2.4 – Выбранные сварочные материалы

Свариваемая деталь	Сварочная проволока	Газовая смесь
09Г2С	СВ-08Г2С (диам. 1,6 мм)	К18 Ar (18%) и CO ₂ (82%).

2.5 Расчет режимов сварки

Сварку продольного шва короба, производим механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76 на постоянном токе обратной полярности с разделкой одной кромки

односторонним швом с полным проплавлением (С8). Сварное соединение представлено на (рис. 2.9).

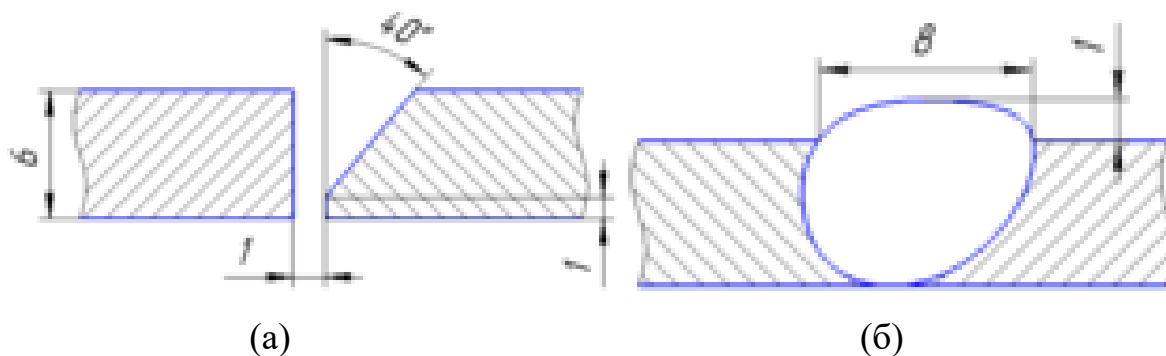
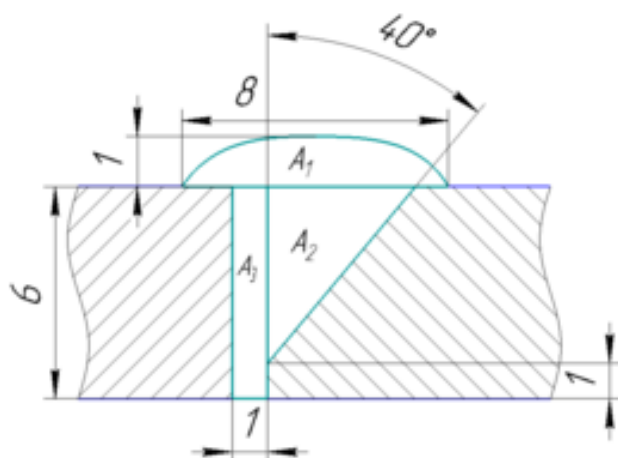


Рисунок 2.9 – Схема сборки (а) и сварки (б) сварного шва для механизированной дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитных газах.

Рассчитаем площадь наплавленного металла:



$$A_1 = 0,75 \cdot 1 \cdot 8 = 6 \text{ мм}^2.$$

$$A_2 \Rightarrow x = \frac{5}{\cos 40^\circ} = \frac{5}{0,766} = 6,52 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_2 = \frac{6,52 \cdot 5}{2} = 16,3 \text{ мм}^2.$$

$$A_3 = 1 \cdot 6 = 6 \text{ мм}^2.$$

$$A_{\text{общ}} = A_1 + A_2 + A_3 = 6 + 16,3 + 6 = 28,3 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавленного металла составляет 28,3 мм², следовательно, сварку будем выполнять в один проход.

Сварка будет выполняться на постоянном токе обратной полярности

Назначим диаметр проволоки:

$$d_3 = 1,6 \text{ мм}$$

Примем, что значение сварочного тока составляет:

$$I_{CB} = 210 \text{ A}$$

Плотность сварочного тока определим по формуле:

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_3^2} \quad (3)$$

Найдём плотность тока по формуле (3):

$$j = \frac{4 \cdot 210}{3,14 \cdot 1,6^2} = 104,5 \text{ A/мм}^2$$

Рассчитываем напряжение на дуге по формуле:

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{CB} \pm 1 \quad (4)$$

Найдём напряжение на дуге по формуле (4):

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,6}} \cdot 210 \pm 1 = 27 \text{ В}$$

Скорость подачи электродной проволоки определим по формуле:

$$V_3 = \frac{4 \cdot a_p^1 \cdot I_{CB}}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot d_3 \cdot 10^{-2}} \quad (5)$$

Найдём скорость подачи проволоки по формуле (5):

$$V_3 = \frac{4 \cdot 13 \cdot 210}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}} = 7,74 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Скорость сварки определим по формуле:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (6)$$

Найдём скорость сварки по формуле (6):

$$V_{CB} = \frac{10 \cdot 210}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,28} = 0,27 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Погонную энергию определим по формуле:

					<i>15.03.01.2019.152.00 ПЗ</i>	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta}{V_{\text{св}}} \quad (7)$$

Найдём погонную энергию по формуле (7):

$$q_{\text{п}} = \frac{0,24 \cdot 210 \cdot 27 \cdot 0,7}{0,27} = 4536 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Коэффициент формы провара определим по формуле:

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{k'(19 - 0,01I_{\text{св}})d_{\text{э}}U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} \quad (8)$$

где $k' = 0,92$ - коэффициент, зависящий от плотности тока и полярности тока

Найдём коэффициент формы провара по формуле (8):

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 210) \cdot 1,6 \cdot 27}{210} = 3,2$$

Глубину провара определим по формуле:

$$H = 0,0156 \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (9)$$

Найдём глубину провара по формуле (9):

$$H = 0,0156 \sqrt{\frac{4536}{3,2}} = 0,59 \text{ см} = 5,9 \text{ мм}$$

Ширину усиления сварного шва определим по формуле:

$$B = H\psi_{\text{пр}} \quad (10)$$

Найдём ширину усиления сварного шва по формуле (10):

$$B = 0,59 \cdot 3 = 1,77 \text{ см} = 17,7 \text{ мм}$$

Высоту усиления сварного шва определим по формуле:

$$C = \frac{F_{\text{н}}}{0,73B} \quad (11)$$

Найдём высоту усиления сварного шва по формуле (11):

$$C = \frac{0,283}{0,73 \cdot 1,77} = 0,22 \text{ см} = 2,2 \text{ мм}$$

Общую высоту шва определим по формуле:

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$D = H + C \quad (12)$$

Найдём общую высоту шва по формуле (12):

$$D = 5,9 + 2,2 = 8,1 \text{ мм}$$

Условие выполняется.

2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования

Для выполнения сварочного шва применяется механизированная сварка в среде защитных газов. Для этого будем использовать аппарат FastMIG KMS 400 производства фирмы Kemppi.

Оно состоит из собственно источника питания марки FastMIG KMS 400, устройства подачи проволоки MXF 65. Аппарат FastMIG KMS 400 показан на (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Источник питания FastMIG KMS 400

Технические характеристики аппарата FastMIG KMS 400 приведены в таблице 2.5.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.5 – Технические характеристики аппарата FastMIG KMS 400

Фирма изготовитель	Kemppi
Сетевое напряжение, В	400
Мощность подключения, кВА	13,9
Максимальная нагрузка, А	400
Диапазон сварочного тока, А	10...400
Диапазон напряжения, В	10...37
Максимальное сварочное напряжение, В	42
Габариты, мм	590x230x430
Вес, кг	34

2.6.1 Описание конструкции сборочной установки

Для выполнения продольных швов верхней секции короба и нижней секции короба применяют кантователь с гидродомкратами (рис. 2.11). Кантователь предназначен для поворота секций короба при сборке и сварке. Он состоит из двух подъёмных крыльев (1), несущей рамы (2) с двумя гидроцилиндрами (3) и гидропривода. Управление кантователем дистанционное с выносного пульта.

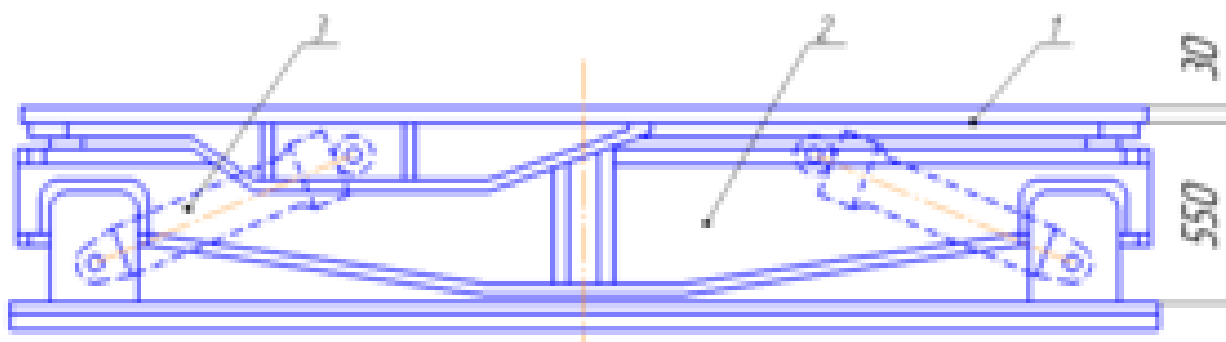


Рисунок 2.11 – Кантователь с гидродомкратами

После сборки и зачистки верхней и нижней части короба. Короб передаётся на место сварки (Кантователь) с помощью мостового крана. Закрепляют струбцинами и переставляют их по мере необходимости. Сварка

производится с помощью полуавтомата Drive 4x Hp и источника питания Taurus 505 Synergic. Устанавливают короб на кантователь и покрывают места сварки и околошовные зоны водным раствором спиртово-сульфитной барды для защиты от брызг расплавленного металла. Сначала сваривают поперечные швы, а затем продольные, кантуя 4 раза на 90° для сварки в нижнем положении (рис. 2.12). Сварка продольных швов производится от середины к краям обратнo-ступенчатым способом двумя сварщиками одновременно.

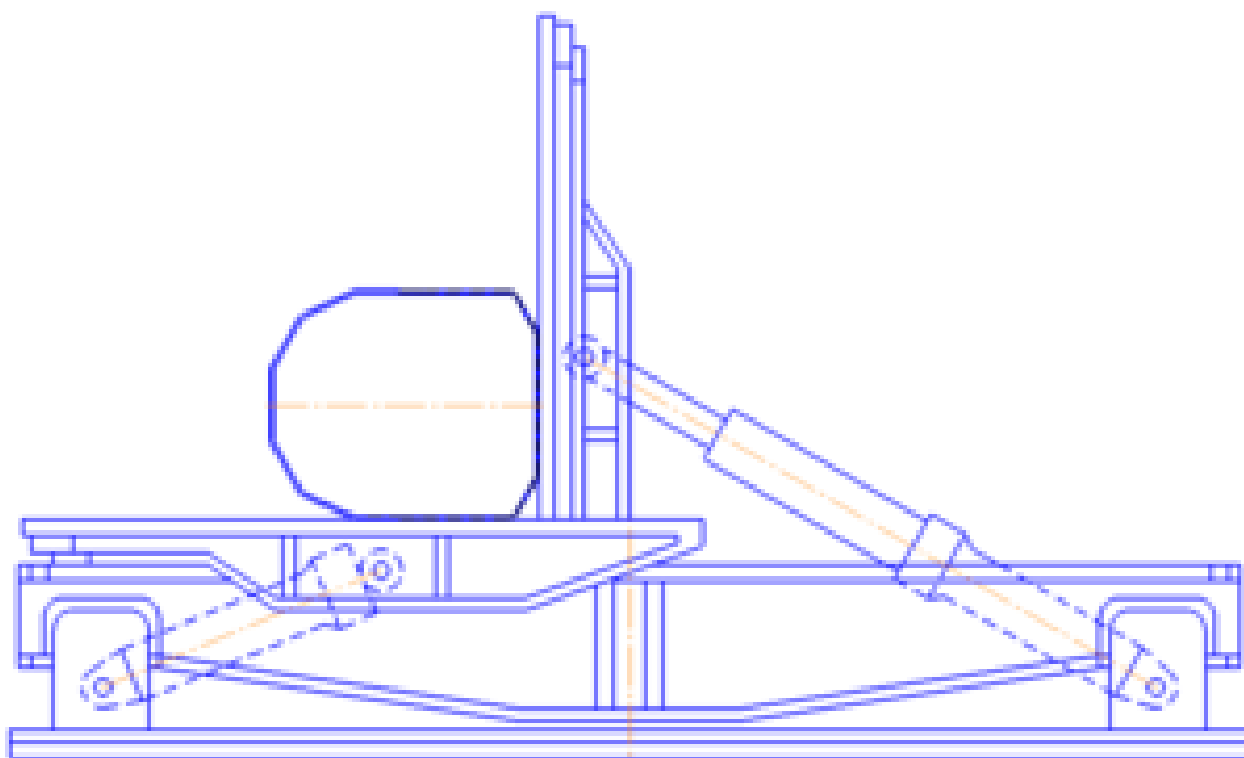


Рисунок 2.12 – Кантователь с коробом

3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1 Способы и средства контроля качества.

К изделию предъявляются высокие требования по качеству сварных швов. Все дефекты сварных соединений делятся на внутренние и внешние. Внешние дефекты возникают при формировании сварного шва. К ним относятся нарушение формы сварного шва, подрезы, трещины горячие и холодные. К внутренним дефектам относят трещины, пористость,

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

несплавления и непровары. Качество сборки оказывает существенную роль на качество соединения.

В процессе сборки короба осуществляем контроль расположения деталей друг относительно друга, замер допуска параллельности и скручивания, также контролируются геометрические размеры и внешний вид сварных швов, отсутствие трещин, прожогов и т.д. Допускается все наружные дефекты устранять механическим путем, при этом размеры шва и толщина основного металла не должна выходить за нижние предельные отклонения.

Для выявления дефектов при сборке используется визуально-измерительный контроль (ВИК). С помощью ВИК выявляют, прожоги, грубую чешуйчатость, наплывы металла, подрезы, непровары, трещины, поры, раковин, отступления от проектных размеров сварного шва. Для проведения ВИК применяются сварочные шаблоны для проверки правильности геометрии шва, увеличительные лупы, угольники, линейки, рулетки, штангенциркуль по ГОСТ 23479-79.

Для выявления внутренних дефектов сварных швов используем ультразвуковой контроль по ГОСТ 14782-86. Согласно конструкторской документации ультразвуковому контролю подвергаются сварные швы № 2, № 3. УЗК является действенным при выявлении воздушных пустот, химически не однородного состава (шлаковые вложения в металле) и выявления присутствия не металлических элементов.

Преимуществами данного метода контроля являются:

1. Высокая чувствительность приборов
2. Компактность оборудования и приборов
3. Информацию о качестве сварного соединения можно получить достаточно быстро
4. Возможность контроля соединений большой толщины
5. Низкая стоимость дефектоскопии, т.к. затраты при её проведении минимальны
6. Безопасен для здоровья человека

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

7. Этим методом можно выявить почти все известные сварные дефекты
8. Данный метод контроля не разрушает сварное соединение
9. Возможность проводить проверку в "полевых" условиях, благодаря наличию переносных дефектоскопов.

3.2 Допустимые и недопустимые дефекты.

Наименование дефектов	Описание	Оценка
Наружные дефекты		
<p>1. Трещины</p> 	<p>Расположенные вдоль или поперек шва; могут находиться в:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шве; - основном материале; - нагреваемой зоне 	Не допускаются
<p>2. Впадина между валиками грата или надрез (линия сплавления наружных поверхностей валиков)</p> 	<p>Непрерывные или локальные продольные надрезы в плоскости сварки с вершинами в основном материале, вызванные, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточным усилием сжатия; - коротким временем нагрева или охлаждения 	Не допускаются
<p>3. Впадины</p> 	<p>Канавки на поверхности основного материала (продольные или поперечные относительно шва), вызванные, например:</p>	Допускаются локальные впадины с неострыми вершинами

	<ul style="list-style-type: none"> - действием зажимного устройства; - неправильным транспортированием; - дефектами при подготовке кромки 	глубиной $\Delta s \leq 0.1s$, но не более 0,5 мм
<p>4. Несовпадение кромок заготовок</p> 	Смещение относительно друг друга или несовпадение свариваемых заготовок по толщине	Допускается, если $e \leq 0.1s$, но не более 2 мм
<p>5. Угловое смещение</p> 	<p>Например, из-за:</p> <ul style="list-style-type: none"> - неисправного оборудования; - неправильной центровки заготовок 	Допускается, если $e \leq 1$ мм
<p>6. Неправильно сформированный сварной шов</p> 	<p>Слишком широкий или слишком узкий локальный грат или по всей длине шва, обусловленный, например, неправильным:</p> <ul style="list-style-type: none"> - временем нагрева; - режимом температуры нагретого инструмента; - усилием сжатия 	Допускается, если ± 1 мм от нормы
<p>7. Несимметричный грат</p> 	<p>Неодинаковые валики грата (частично или по всей длине шва) из-за, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дефектов при подготовке торцов к сварке; - неисправностей сварочного 	Допускается, если $\Delta s \leq 0,1s$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.152.00 ПЗ

Лист

36

		оборудования	
8. Термодеструкция		Глянцевый (блестящий) грат, обычно сочетающийся с пустотами, утолщениями и заметными кавернами	Не допускается
Внутренние дефекты			
9. Несплавление		Несплавление свариваемых поверхностей частично или всего поперечного сечения, вызванное, например: - загрязнением свариваемых кромки; - окислением свариваемых кромки; - избыточным временем технологической паузы; - слишком низкой или высокой температурой нагретого инструмента	Не допускается
10. Непровар (раковина)		Полое пространство в плоскости сварного соединения, вызванное, например, недостаточным: - усилием сжатия; - временем остывания	Не допускается
11. Поры, включения и чужеродных тел		Изолированные, многочисленно разбросанные или локально сконцентрированные поры или включения, вызванные,	Допускается наличие небольших изолированных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.152.00 ПЗ

Лист

37

	<p>например:</p> <ul style="list-style-type: none"> - газообразованием во время сварки; - загрязненным нагревательным инструментом 	<p>пор, если ...</p>
--	--	-------------------------------------

3.3 Оборудование для контроля качества

Для визуального контроля качества используют:

- штангельциркуль;
- щуп;
- микрометр;
- шаблон для геометрических параметров швов (УШС-2, УШС-3);
- калибр;
- рулетку;
- измерительную лупу;
- нутромер;
- штангенциркуль.

Для надлежащего обследования и контроля необходимо хорошее освещение, поэтому у контролера всегда должен быть фонарик и дополнительные осветительные установки. В некоторых случаях применяются микроскопы. Это позволяет точнее определить характер дефекта и его серьезность (рис.3.1).

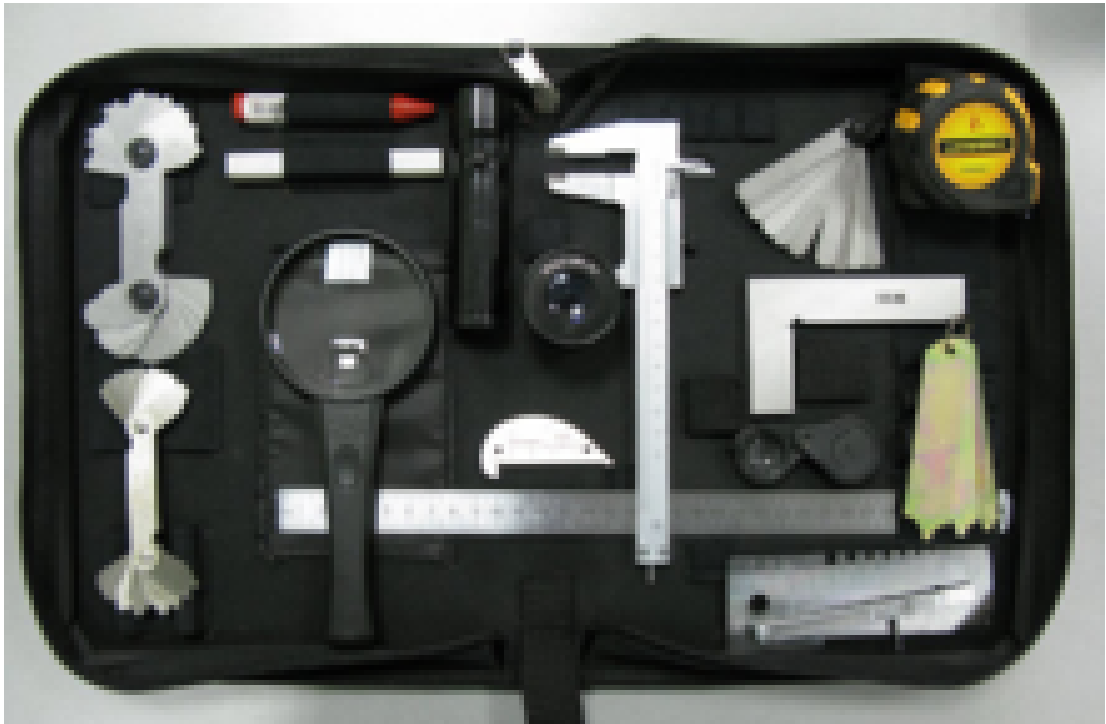


Рисунок 3.1 - Универсальный набор для ВИК

В УЗК применяется универсальный ультразвуковой дефектоскоп УДЗ-103 Пеленг (рис.3.2). Используется для обнаружения таких дефектов как трещины, поры, раковины и прочие нарушения однородности и сплошности материалов, а также последующей параметризацией и регистрацией в запоминающем устройстве характеристик выявленных дефектов: амплитуды отраженного сигнала, эквивалентной площади, координат и т.п. Кроме того, в вихретоковом режиме работы прибор способен оценивать глубину распространения поверхностных дефектов, используя контроль ручного и различные скан-устройства.



Рисунок 3.2 - Универсальный ультразвуковой дефектоскоп УДЗ-103 Пеленг

3.4 Методика контроля

Перед отправкой короба на покраску он проходит ВИК и УЗК.

Визуальным контролем качества контролируются геометрические размеры и внешний вид сварных швов на сварочные дефекты (трещины, впадины, поры и т.д.). Также контролируется: зачистка, правильность сборки узла и размеры 9223, 8, 630, 5407мм согласно КЭ. Замеряются допуски параллельности 1,6мм и скручивания согласно ТИ25-2018 от 21.05.18.

Затем сварные швы №2 и №3 проверяется ультразвуковым контролем по ГОСТ 14782-86 с помощью дефектоскопа «пеленг» УДЗ-103.

После устранения дефектов, выявленных внешним осмотром, оформляется заключение и предъявляется ОТК. После УЗК смывают глицерин раствором «Fary + теплая вода» и транспортируют короб на место складирования.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

На здоровье и работоспособность человека во время труда влияет совокупность факторов производства и трудового процесса.

Вредный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который вызывает профессиональную патологию, временное или стойкое снижение работоспособности, повышает частоту соматических и инфекционных заболеваний.

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который является причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья, смерти. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменением №1)» опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К физическим опасным и вредным производственным факторам на СТО относятся:

- подвижные части оборудования, механизмы, машины;
- повышенная или пониженная температура воздуха; поверхности оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха;
- повышенный уровень статического электричества; электромагнитные излучения
- повышенный уровень шума, вибрации, ультразвука и инфразвука;
- отсутствие или недостаток естественного и искусственного освещения;
- острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхностях заготовок инструментов и оборудования.

4.2 Техника безопасности при производстве сварочных работ

Сварочные работы относятся к виду работ с повышенным показателем опасности. Среди небезопасных производственных факторов выделяются:

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1) высокий уровень напряжение электросети;
- 2) световое и ультрафиолетовое излучение сварочной дуги;
- 3) вероятность появления искры и брызг;
- 4) высокая температура сварочной дуги и материалов;
- 5) давление газов, находящихся в баллонах.

Исходя из этого, техника безопасности при выполнении сварочных работ является очень актуальной темой. Ведь ее нарушение влечет за собой самые серьезные последствия. Среди самых частых травм, которые фигурируют в статистике, преобладают поражение электрическим током, ожоги глаз и незащищенных участков кожи и травмы механического свойства.

Для обеспечения электробезопасности на сборочно-сварочном участке в соответствии с требованиями ПОТ Р М-020-2001 приняты следующие меры:

- провода и кабели для питания электрооборудования машин и установок имеют надежную изоляцию и защиту от механических повреждений;
- электрооборудование машин термической резки должно иметь заземление. Заземлению подлежат у стационарных машин станина или рельсовый путь, у переносных машин - корпус машины;
- заземлены все цеховые газопроводы. Электрическое сопротивление между заземляющим устройством и любой точкой газопровода не превышает 100 Ом;
- запрещается производить ремонт машин термической резки под напряжением. Переносные машины термической резки во время их передвижения необходимо отключать от электрической сети;
- применяемое оборудование и приспособления удовлетворяют требованиям действующих стандартов и нормалей на соответствующее сварочное оборудование. Напряжение холостого хода источников сварочного тока не превышает максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование;
- соединение сварочных кабелей производят опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения;

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- в электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением закрыты оградительными устройствами;
- электросварочные установки присоединяются к источнику питания через рубильник и предохранитель или автоматический выключатель.

Основные меры безопасности технологических процессов, принятые на сборочно-сварочном участке в соответствии с требованиями ПОТ Р М-020-2001:

- стационарное рабочее место имеет устройства для отсоса вредных веществ;
- для защиты от искр и брызг расплавленного металла сварщик пользуется защитными очками или защитным щитком, спецодеждой и перчатками;
- при перерывах в работе (обеденный перерыв и пр.) выключить рубильник электрической станции, закрыть вентили воды, охлаждающей системы воздуха. В зимнее время необходимо сохранять циркуляцию воды;
- при прекращении подачи электроэнергии выключить рубильник сварочной машины;
- сварочное оборудование, предназначенное для сварки под флюсом на стационарных постах, имеет, приспособление для механизированной засыпки флюса в сварочную ванну и флюсоотсос с бункером и фильтром;
- пустые баллоны хранятся отдельно от баллонов, наполненных газом;
- газовые баллоны предохранены от ударов и действия прямых солнечных лучей. От отопительных приборов баллоны устанавливаются на расстоянии не менее 1 м;
- по окончании работы баллоны с газом размещаются в специально отведенном для хранения баллонов месте, исключаящем доступ посторонних лиц;
- на рабочем месте под ногами рабочих расположен резиновый ковер диэлектрический.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

4.2.1 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда

К санитарно-гигиеническим условиям относятся все элементы производственной среды, в которой протекает трудовой процесс, то есть метеорологические условия (микроклимат), чистота воздуха, освещение, шум, вибрация.

Для создания благоприятных условий труда, санитарно-гигиенические условия, должны регулярно исследоваться и приводиться к соответствующим с рекомендуемыми нормативами.

На организм человека в процессе труда оказывает влияние состояние воздушной среды. Поэтому необходимо учитывать физические свойства: температуру, влажность и скорость движения, химический состав, содержание механических примесей в пыли.

Система организационных, гигиенических, санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов, получила название производственная санитария. Мероприятия по ней является составной частью системы охраны труда на предприятии.

Микроклимат производственных помещений - условия внутренней среды, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Условия, в которых человек не испытывает переохлаждение или перегрева, можно считать комфортными в тепловом отношении.

На рабочем месте необходимо поддерживать определенные параметры микроклимата для различных категорий работ. Для обеспечения комфортных условий по мере повышения тяжести работ температуру в помещениях следует снижать или увеличивать скорость движения воздуха. Контроль

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

параметров микроклимата осуществляется с помощью различных приборов (термометры, термографы, психрометры, гигрографы, анемометрами и т.п.)

Для улучшения микроклимата проводят ряд мероприятий;

-рационализацию объемно-планировочных решений производственных зданий (не 15м³ объема и не менее 4,5м² на одного рабочего);

-вентиляцию и кондиционирование воздуха;

- тепловую изоляцию оборудования;

-рационализацию труда и отдыха.

Вредные вещества проникают в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечного тракта, кожу.

Среди вредных веществ наибольшее распространение имеет производственная пыль, которая имеется на любом производстве.

Чистоту воздуха можно повысить следующими способами:

-создание санитарно-защитных зон;

-механизация и автоматизация производственных процессов, герметизацией источников вредных веществ;

-применение специальной вентиляции;

-сокращение продолжительности рабочего времени;

-использование средств защиты.

Освещение играет важнейшую роль в обеспечении работоспособности человека. Неправильное освещение утомляет зрение, отрицательно влияет на нервную систему, может быть причиной несчастного случая.

Важнейшая характеристика условий освещения - величина освещенности рабочей поверхности, определяется как отношение светового потока к площади его распределения.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Различают три вида освещения:

Естественное - обеспечивается солнцем или рассеянным светом;

Искусственное - лампами накаливания или газоразрядными;

Совмещенное - комбинация первых двух.

Освещение рабочего места должно отвечать условиям и характеру работы. Стены и потолки, окрашенные в светлые тона, увеличивают общую освещенность помещения.

Производственный шум - хаотичное сочетание различных по частоте и силе звуков. Источником звуков и шума являются колеблющиеся тела, которые, вызывая звуковые волны, оказывают звуковое давление на органы слуха человека. Длительное воздействие шума на человека может привести к снижению остроты слуха и к развитию профессиональной глухоты. Помимо местного действия на органы слуха шум оказывает и общее действие на организм человека (головные боли, головокружение, шум в ушах и т.д.)

Методы борьбы с шумом зависят от общего уровня культуры производства, состояние технических средств: надежное закрепление всех узлов и деталей оборудования и машин, использование амортизирующих устройств, архитектурно - планировочные решения, использования средств защиты и т.д.

Вибрация - представляет собой механическое колебательное движение системы с упругими связями. На производстве источниками являются машины. К основным параметрам относятся: частота, амплитуда смещения, скорость и ускорение.

Для измерения вибрации используются виброметры и шумомеры. Измерение производят в соответствии с ГОСТ 12.4.012-83.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Вредное воздействие вибрации на организм определяется резонансными явлениями, возникающими в отдельных органах и в организме целом, они зависят от массы и положения тела.

4.2.2 Обеспечение электрической безопасности

Электробезопасность — система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, связанной с влиянием электрического тока и электромагнитных полей. Электробезопасность включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Правила электробезопасности регламентируются правовыми и техническими документами, нормативно технической базой. Знание основ электробезопасности обязательно для персонала, обслуживающего электроустановки и электрооборудование.

Методы защиты

- применение малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- электрическая изоляция;
- защита от опасности при переходе с высшей стороны на низшую;
- контроль и профилактика повреждения изоляции;
- защита от случайного прикосновения к токоведущим частям;
- защитное заземление, зануление, защитное отключение;
- применение индивидуальных защитных средств.

Основной защитой от напряжения опасной величины, появляющегося на корпусах источников сварочного тока, является заземление (зануление) этих корпусов. Большинство электроприемников, в том числе и сварочные установки, получают электроэнергию от сетей 220/380 В с заземленной нейтралью трансформатора или генератора, и к этой нейтрали

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

присоединяется четвертый провод сети, называемый нулевым, который присоединен к металлическим корпусам распределительных устройств и электрических аппаратов. К этому проводу нужно также присоединять корпуса источников сварочного тока. Для этого на корпусе источника сварочного тока должен быть специальный болт, к которому присоединяется четвертая жила кабеля, называемая нулевой. На другом конце кабеля, присоединяемом к сети, эта жила соединяется с корпусом выключателя, силовой сборки и т. п.

В двухпроводной сети 220 В защита от опасного напряжения осуществляется также присоединением источника сварочного тока к нулевому проводу сети, который в этом случае является и рабочим, так как проводов только два.

На отдельных участках сети могут быть нулевые рабочие и нулевые защитные проводники. В таких случаях нулевой защитный проводник нужно присоединять к металлическому корпусу источника сварочного тока, а нулевой рабочий проводник — к цепи питания источника сварочного тока.

Источники сварочного тока могут присоединяться к силовым сетям напряжением не более 660 В.

Для подвода тока к сварочной дуге должен применяться специальный сварочный гибкий провод (кабель) с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке, сечение которого должно соответствовать максимальному сварочному току.

Запрещается применение проводов в изоляции или в оболочке из полимерных материалов, распространяющих горение.

Присоединение источника сварочного тока к сети должно осуществляться через отключающий и защитный электрические аппараты. Эти аппараты могут быть объединены в одном, содержащем защиту от тока короткого замыкания. Длина гибкого кабеля, соединяющего переносной (передвижной)

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.152.00 ПЗ					

источник сварочного тока с включающим аппаратом сети, должна быть не более 15 м. Передвижные сварочные установки на время их передвижения должны быть отсоединены от сети.

Электросварочные установки с источниками постоянного или переменного сварочного тока, предназначенные для сварки в особо опасных условиях (внутри металлических емкостей, в колодцах, туннелях, в котлах, отсеках судов и т. п.) или для работы в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, должны иметь устройства автоматического отключения напряжения холостого хода при разрыве сварочной цепи или его ограничения до безопасного в данных условиях значения.

4.2.3 Обеспечение пожарной безопасности

Проектируемый участок по классификации производств по пожарной безопасности относится к категории Г – пожароопасное производство, использующее горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие материалы и вещества, процесс обработки которых сопровождается выделением искр, пламени.

Источниками пожара в цехе могут служить источники питания сварочной дуги, газовые баллоны, технические масла и жидкости обрабатывающих станков, поврежденные электропровода оборудования.

Предусмотрено, что места, отведенные для проведения сварочных работ и установки сварочного оборудования, должны быть очищены от легковоспламеняющихся материалов в радиусе не менее 5 м.

При проведении сварочных работ запрещается пользоваться одеждой и рукавицами со следами масел и жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей.

Перед началом работы сварщик проверяет исправность сварочной аппаратуры, подготовленность рабочего места в противопожарном отношении: наличие средств пожаротушения, внутренних пожарных кранов,

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

песка, огнетушителей. Если рабочее место не подготовлено, к работам приступать нельзя. Во время работы не допускается попадание искр расплавленного металла и разбрасывание электродных огарков на горючие конструкции и материалы, а после работы рабочее место тщательно осматривается.

Запрещается загромождать и закрывать проходы к пожарному инвентарю. Курить необходимо в специально отведенных местах, оборудованных средствами пожаротушения.

При возникновении пожара или загорания необходимо немедленно отключить сварочную установку. Подать сигнал пожарной тревоги и сообщить о пожаре мастеру, руководителем, позвонить в пожарную охрану. До прибытия пожарной охраны необходимо приступить к ликвидации пожара наиболее целесообразными для данной ситуации способами.

В соответствии с выбранной категорией помещения по пожарной опасности на участке предусмотрены следующие средства пожаротушения:

- а) два порошковых огнетушителя массой 4 кг каждый;
- б) два ящика с песком;
- в) щит пожарный ЩПП оборудованный ломом, багром, двумя ведрами, совковой и штыковой лопатой, тележкой для перевозки оборудования, асбестовым полотном, емкостью для хранения воды объемом 0,2 м³.

4.3 Безопасность при работе с подъемными устройствами

Подъемные устройства на производстве являются источником повышенной опасности, в работе с подъемными устройствами имеются специальные требования, невыполнение которых влечёт за собой тяжелые последствия различного рода.

Общие требования:

- к работе с применением подъемника допускаются лица не моложе 18 лет;

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- прошедшие медицинское освидетельствование, инструктаж, инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний охраны труда;
- имеющие группу по электробезопасности не ниже II группы.

Требования безопасности перед началом работ:

- проверить и надеть специальную одежду, средства индивидуальной защиты;
- осмотреть и подготовить свое рабочее место;
- подготовить необходимый для данной работы инструмент, проверить их внешним осмотром и убедиться в их исправности;
- проверить состояние изоляционных проводов. При повреждении изоляции эксплуатировать подъемник запрещается;
- проверить оборудование подъемника;
- перед началом работ необходимо подать предупреждающий сигнал.

Требования безопасности во время работы:

- при нормальной работе подъемника не должен наблюдаться повышенный шум механизма подъемника, повышенный нагрев винтовой пары;
- запрещается проводить какие-либо работы с подъемником и его пультом управления при поднятом грузе;
- перед подъемом груза убедиться в правильном положении зацепных устройств;
- во время работы на подъёмнике необходимо использовать средства индивидуальной защиты, спецодежда должна быть застегнута.

Требования безопасности в аварийной ситуации:

- немедленно прекратить работы и известить руководителя работ;
- под руководством руководителя работ оперативно принять меры по устранению причин аварий или ситуаций, которые могут привести к авариям или несчастным случаям.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.4 Планировка оборудования и рабочих мест цеха (участка)

Данный раздел посвящен описанию организационно-технических мероприятий и средств, примененных на спроектированном участке. Расчеты режимов сварки, выбора оснастки и оборудования выявили необходимость использования и размещения на участке сварки сварочного полуавтомата FastMIG KMS 400. В дипломном проекте была разработана планировка участка сборки и сварки короба, секции стрелы автокрана «КС-55732 Челябинец». Принятые меры направлены на предотвращение и снижение опасных производственных факторов, связанных с освещенностью, микроклиматом, шумом, вредными веществами, пожарной и электробезопасностью, а также безопасностью технологических процессов. Планировка участка приведена на (рис 4.1.).

На планировке участка основные размеры цеха в масштабе 1:100, высота, длина, ширина цеха, расстояние между опорными колоннами цеха. Указана высота на которой расположена кран балка. Рабочие места, где производится сварка, огорожены специальной ширмой, для предотвращения поражения сварочным излучением незащищенных работников цеха. Помимо этого, на планировке указаны рабочие места сварщиков. Перемещение изделий по всей территории цеха производится с помощью двух мостовых кранов, грузоподъемность которых составляет 5 тонны.

Со склада секций стрел части короба передаются на порталный манипулятор с магнитными шайбами для зачистки и снятия припусков, с помощью мостового крана, затем нижние части короба передаются на стенд для сборки нижних частей стрел, а верхние на стенд для верхних частей.

После сборки нижней и верхней части короба детали передаются на кантователь для сварки частей короба, после чего отправляется на зачистку и УЗК, после проверок короб передаётся на склад либо на устранение найденных дефектов.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

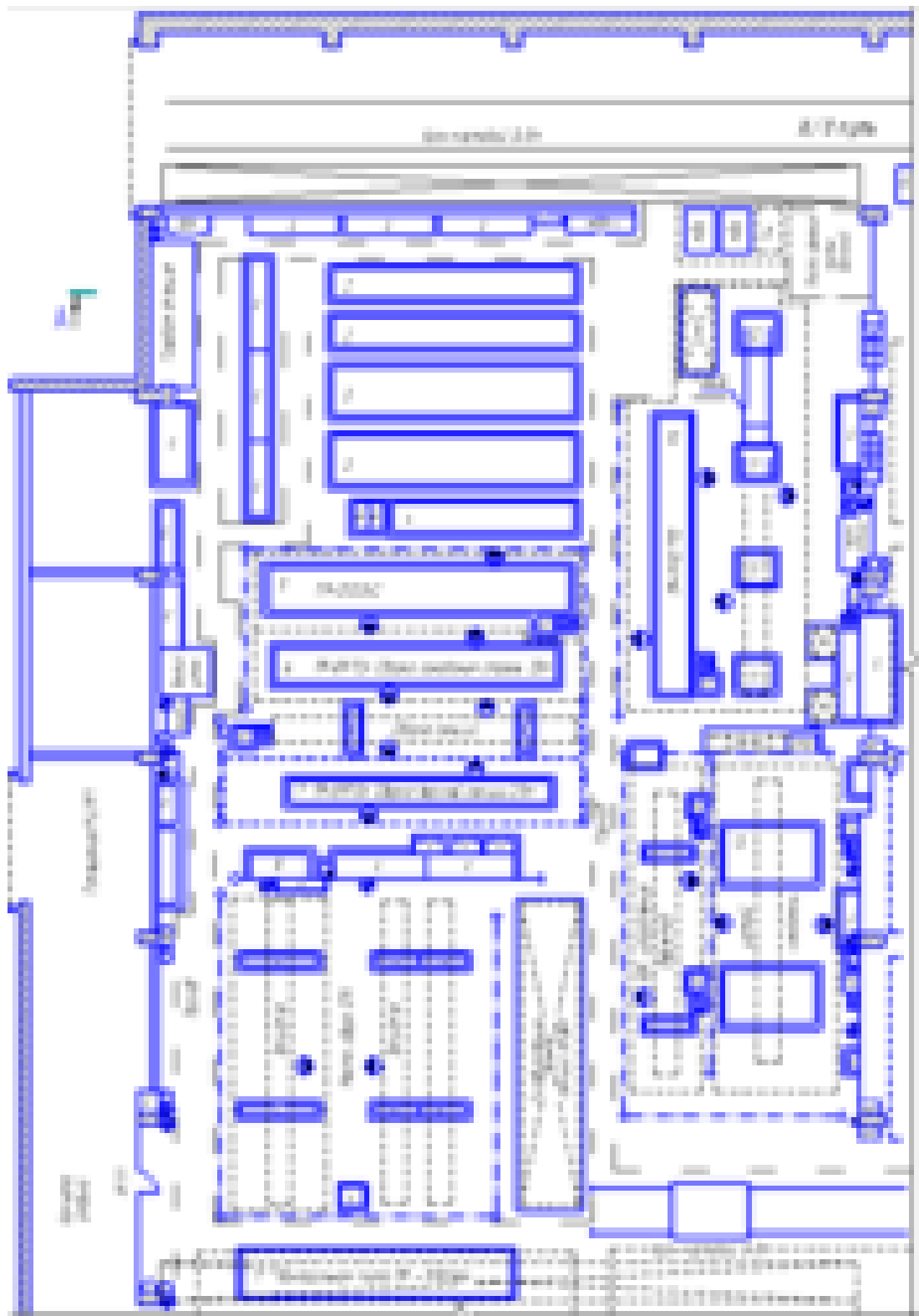


Рисунок 4.1 – План участка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.01.2019.152.00 ПЗ

Лист

53

5 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

5.1 План эксперимента, цель и задачи

Цель данного эксперимента исследовать влияние поры, а также формы шва на возникновение пластических деформаций и критических напряжений в шве.

Задачей эксперимента является построить данное соединение деталей без дефекта и с дефектом. После чего мы начинаем исследовать поставленную задачу в программе ANSYS. Для изучения данной задачи было взято сварное соединения как цельный материал с пределом текучести стали 09Г2С.

В программе ANSYS был произведён исследовательско-экспериментальный раздел сварного шва.

Последовательность анализа представлена ниже.

На рисунке 5.1 изображен фрагмент несимметричного сварного соединения с дефектом, импортированный в программу ANSYS.

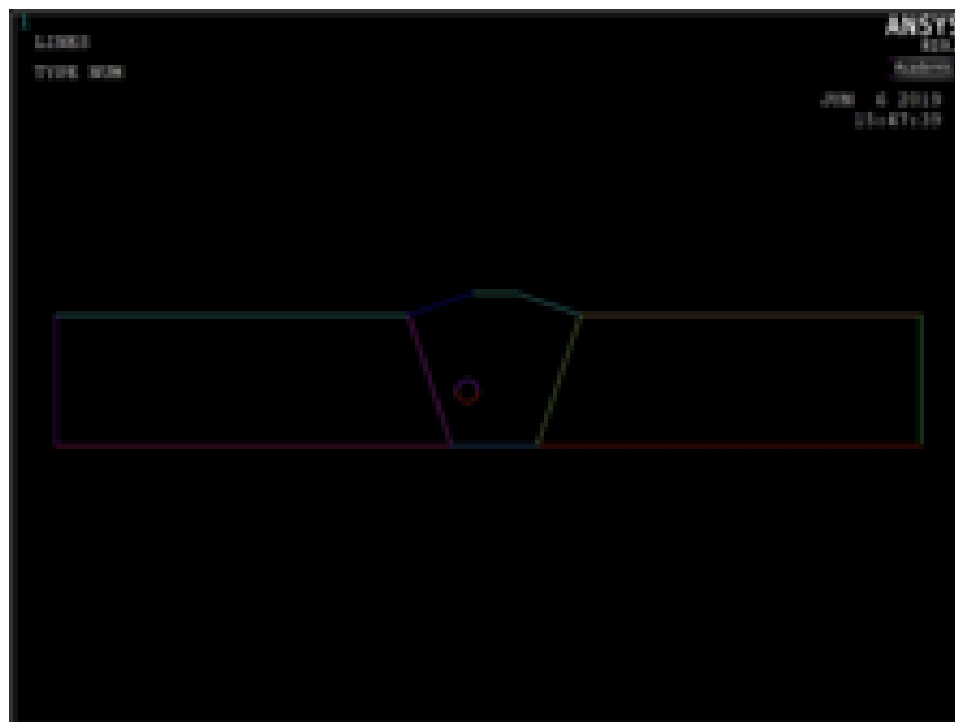


Рисунок 5.1 – Фрагмент сварного соединения с дефектом, импортированный в программу ANSYS

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Значения модуля Юнга и коэффициент Пуассона для всего сварного соединения взято для стали 09Г2С, для изучения пластических деформаций, а также увидеть критические напряжения шва. Также взят и предел текучести.

На рисунке 5.2 изображено исследуемое соединение.

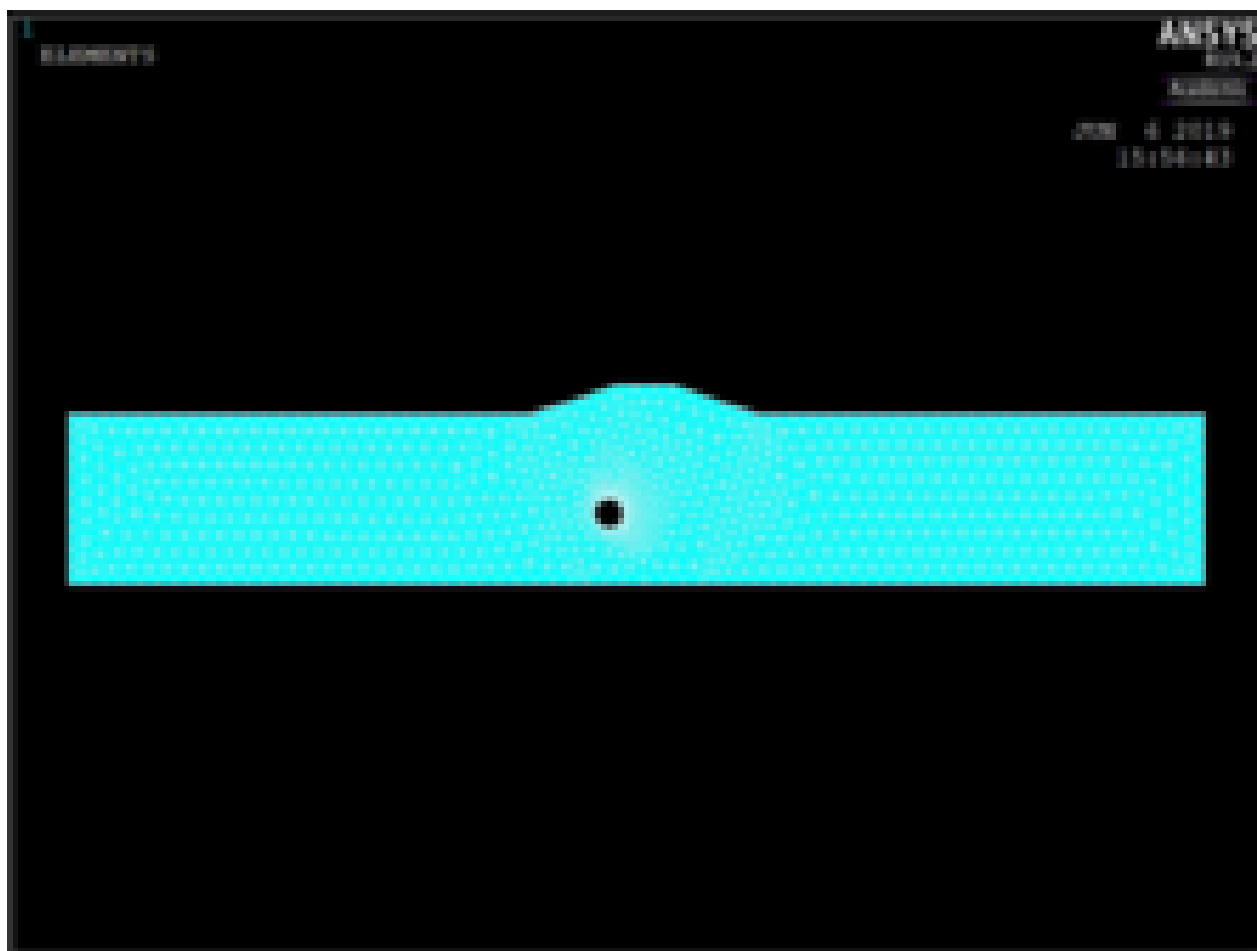


Рисунок 5.2 – Исследуемое соединение

На рисунке 5.3 изображены направления перемещений.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

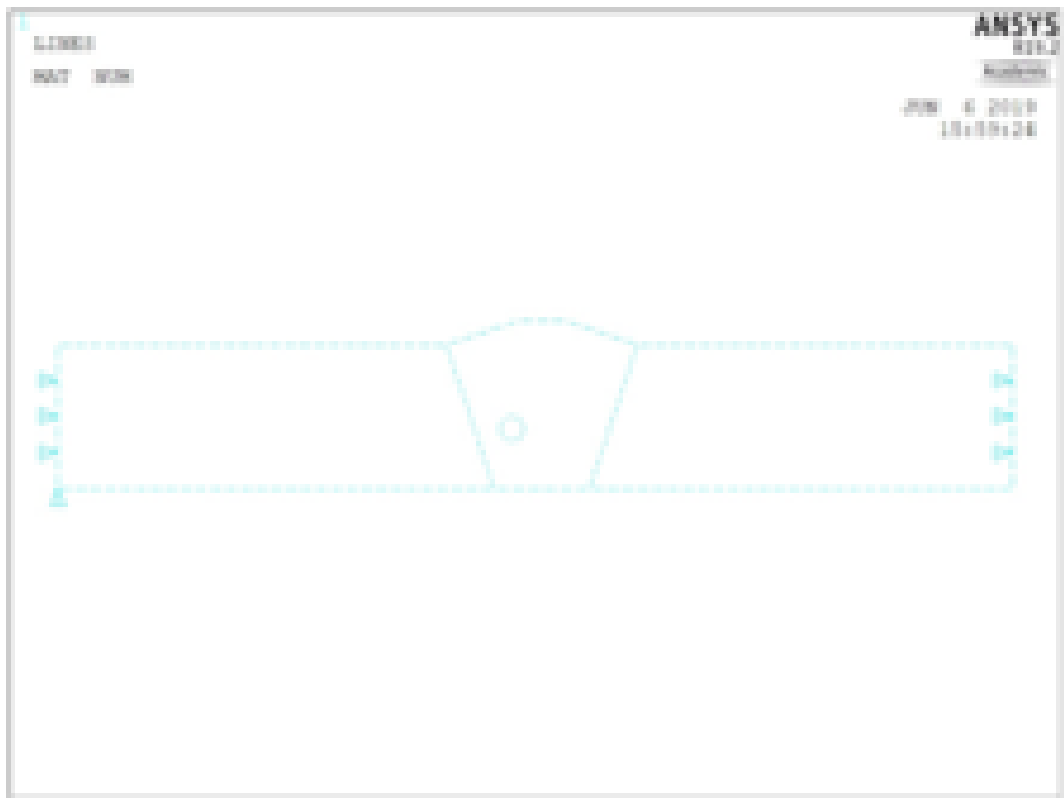


Рисунок 5.3 – Направление перемещений

На рисунке 5.4 изображены деформации и распределения напряжений.

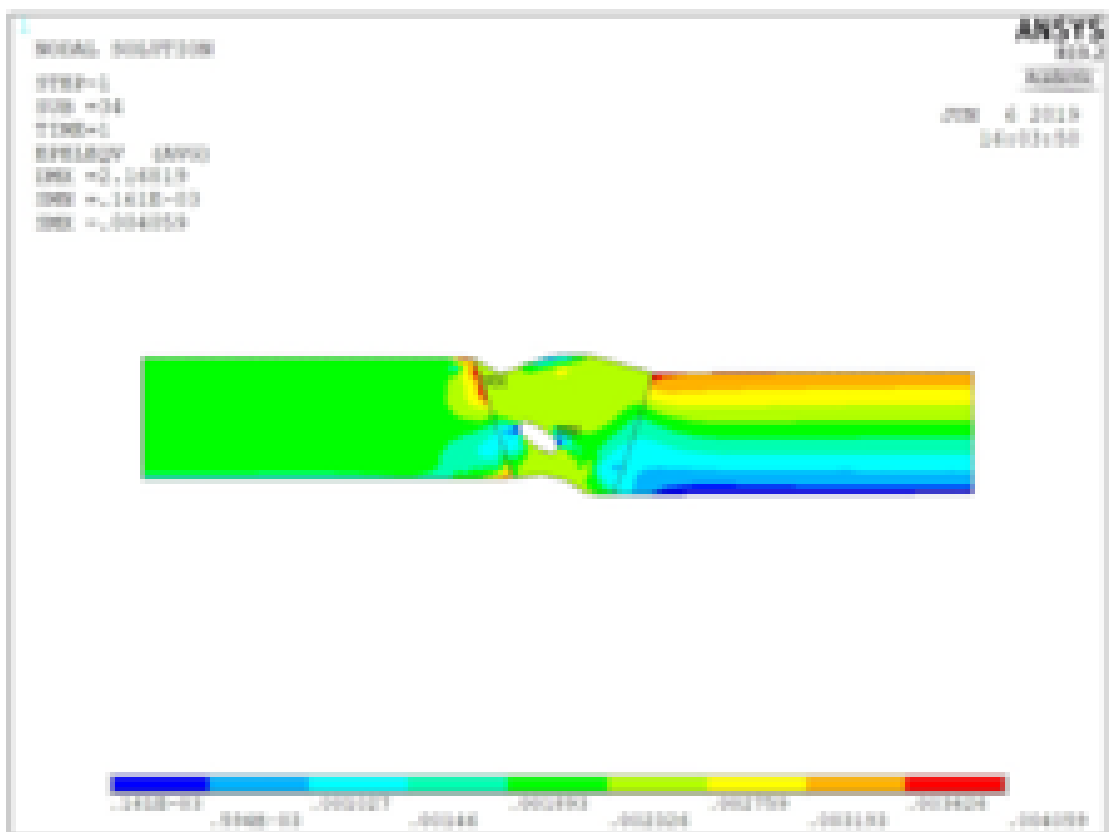


Рисунок 5.4 – Деформации и распределения напряжений

Те же самые операции мы проделываем для сварного соединения без дефекта
рисунок 5.5.

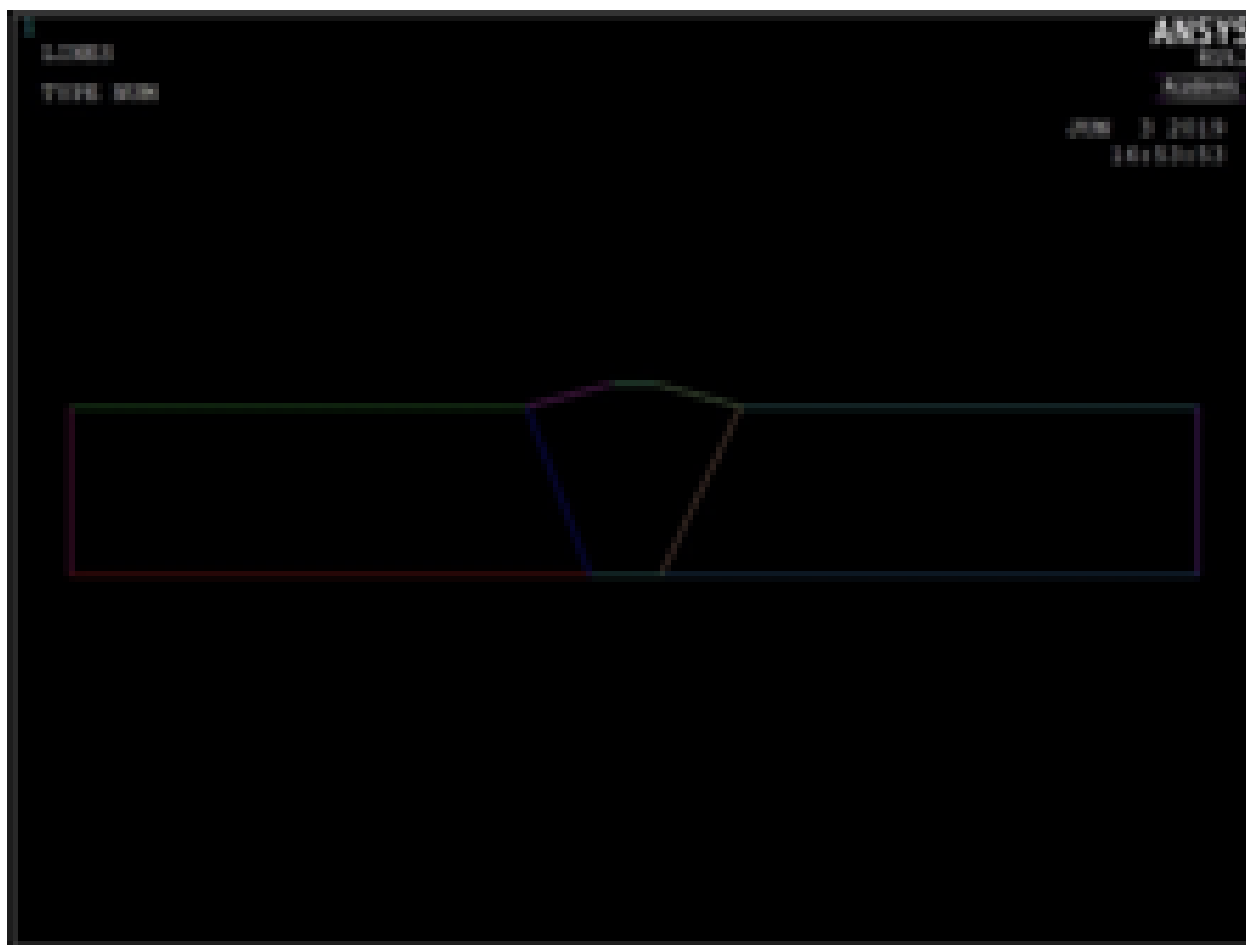


Рисунок 5.5 – Фрагмент сварного соединения, импортированный в программу ANSYS

Нагрузки и перемещения оставляем такие же, как и в соединении с дефектом.

На рисунке 5.6 изображены деформации и распределения напряжений для соединения без дефекта.

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

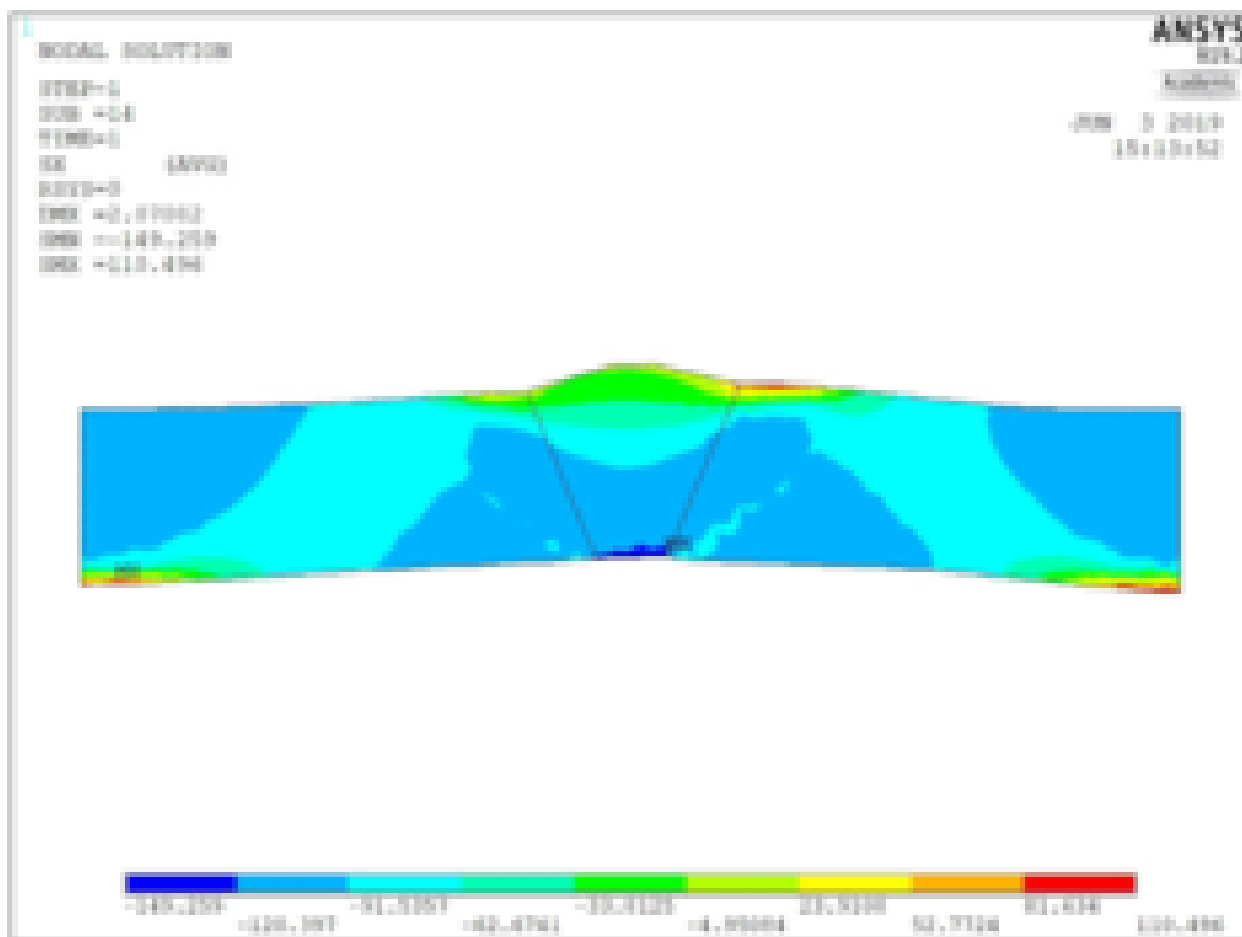


Рисунок 5.6 - Деформации и распределения напряжений для соединения без дефекта.

5.2 Результаты проведенных исследований (прочности, остаточных напряжений)

После проведения исследовательско-экспериментального раздела сварных соединений без дефекта и с дефектом. В результате мы можем сделать вывод, что при соединении без дефекта напряжения возникают при переходе шва к металлу. В шве с дефектом напряжения возникают в поре, что приводит к разрушению сварного шва, поэтому следует использовать УЗК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав существующую технологию производства короба, секции стрелы автокрана «КС-55732 Челябинец» из стали 09Г2С, было разработано предложение по ее совершенствованию: замена сварки продольного шва с подкладкой на Wise Root с обратным формированием шва. В результате предложенных улучшений базового технологического процесса повышается качество сварных соединений, заметно снижается трудоемкость изготовления изделия. Также увеличилась экономия сварочных материалов.

Учитывая, что короб изготавливается из стали 09Г2С, подобраны сварочные материалы: сварочная проволока СВ-08Г2С (диам. 1,6 мм), защитная газовая смесь К18 Ar (18%) и CO₂ (82%).

Посчитаны режимы механизированной сварки в среде защитных газов. Для сварки подобрано соответствующее сварочное оборудование, описаны методы НК сварного соединения. Так же была выбрана оснастка для выполнения сборочно-сварочных работ.

Произведена планировка участка сборки и сварки короба.

					<i>15.03.01.2019.152.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокин, В.Г. Стали и сплавы. Марочник: справочное издание / В.Г. Сорокин. – М.: «Интернет Инжиниринг», 2001. – 608 с.
2. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства: учебник / А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингоф. – М.: Машистроение, 1979. – 280 с.
3. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов: учебник / А.И. Красовский. – М.: Машиностроение, 1980. – 387 с.
4. Зайцев, Н. Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/ Н.Л. Зайцев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.
5. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
6. Сварочный аппарат Kemppi FastMig KMS 400. Режим доступа: https://naobzorah.ru/svarka/kemppi_fastmig_kms_400, свободный.
7. Универсальный ультразвуковой дефектоскоп УДЗ-103 Пеленг. Режим доступа: <https://www.geo-ndt.ru/pribor-380-ultrazvykovoii-defektoskop-ud3-103vd.htm>, свободный.
8. Марка стали 09Г2С. Режим доступа: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=120, свободный.
9. Проволока сварочная омедненная ER70S-6. Режим доступа: <https://deka-svarka.ru/product/omednennaya-provoloka-deka-er70s-6-0-6-mm-po-5-kg/>, свободный.
10. Проволока сварочная Св-08Г2С. Режим доступа: <https://svarkaed.ru/rashodnye-materialy/flyus-i-svarochnaya-provoloka/dlya-chego-nuzhna-provoloka-svarochnaya-sv08g2s.html>, свободный.
11. WiseRoot. Режим доступа: <https://www.kemppi.com/ru/offering/family/wiseroot/>, свободный.

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.01.2019.152.00 ПЗ					

ПРИЛОЖЕНИЯ

					15.03.01.2019.152.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61