

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **«Восстановление эксплуатационных свойств сварных
соединений при капитальном ремонте мостового крана».**

Студент(ка)

Д.С. Швечков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Ельцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,

д.т.н, профессор В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, ИО Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»
(наименование кафедры)

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Швечков Дмитрий Сергеевич

1. Тема **Восстановление эксплуатационных свойств сварных соединений при капитальном ремонте мостового крана**

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
2017 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе **По материалам ТЭЦ ПАО «АВТОВАЗ»**

4. Содержание выпускной квалификационной работы (подлежащие разработке вопросы и разделы)

Введение. (актуальность и цель работы)

1. Мостовой кран. Виды сварных соединений в конструкции крана.

1.1. Характеристика изделия, принцип действия, силовые нагрузки, условия эксплуатации, требования к сварным соединениям.

1.2. Анализ механических и теплофизических свойств материала изделия, особенности свариваемости стали.

1.3. Анализ технологии, сварочного и технологического оборудования, применяемого для выполнения сварных швов при изготовлении мостового крана.

2. Разработка технологии ремонта сварных соединений конструкций мостового крана.

2.1. Анализ существующих способов ремонтной сварки и наплавки сварных швов металлических конструкций.

2.2. Выбор присадочного материала, оборудования и разработка параметров режима сварки для различных типов сварных соединений.

2.3. Разработка технологической карты ремонтной сварки сварных узлов мостового крана.

3. Безопасность и экологичность проекта

3.1. Анализ технических требований и требований по технике безопасности при эксплуатации мостового крана.

3.2. Анализ опасных и вредных факторов в технологическом процессе ремонтной сварки сварки стальных конструкций

3.2. Разработка мероприятий по защите сварщика от воздействия вредных факторов, возникающих при сварке.

4. Техничко-экономическое обоснование проекта

4.1. Расчет себестоимости выполнения ремонтной сварки сварных соединений мостового крана.

Заключение

Библиографический список

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Лист 1 Мостовой кран. Технические требования.

Лист 2. Виды сварных соединений и их дефекты

Лист 3. Свойства и свариваемость материала изделия. Выбор присадочного материала.

Лист 4. Анализ способов ремонтной сварки и наплавки

Лист 5. Технологический процесс ремонтной сварки соединений

Лист 6. Расчет себестоимости изготовления обечайки

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль:

«Экономическая эффективность»:

«Безопасность и экологичность»:

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20 ____ г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание)

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

(подпись)

В.В. Ельцов

(И.О. Фамилия)

Д.С. Швечков

(подпись)

(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

**Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»**

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«___» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения бакалаврской работы

Студента Швечков Дмитрий Сергеевич

по теме: **«Восстановление эксплуатационных свойств сварных соединений
при капитальном ремонте мостового крана»**

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип действия, силовые нагрузки, условия эксплуатации, требования к сварным соединениям	16.01.17 – 30.01.17	30.01.17	выполнено	
2. Анализ технологии, сварочного и технологического оборудования, применяемого для выполнения сварных швов при изготовлении мостового крана	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
3. Анализ существующих способов ремонтной сварки и наплавки сварных швов металлических конструкций	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
4. . Выбор присадочного материала, оборудования и разработка параметров режима сварки для различных типов сварных соединений.	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
5. Разработка технологической карты ремонтной сварки сварных узлов мостового крана	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
6. Безопасность и экологичность проекта	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнено	
7 Техничко-экономическое обоснование проекта	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

Д.С. Швечков

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В настоящее время в промышленности наблюдается сильная изношенность технологического оборудования, поскольку участились случаи техногенных аварий и катастроф, поэтому актуальным является обеспечение безопасности эксплуатации ответственных сварных конструкций. Около трети аварий мостовых кранов связаны с их техническим состоянием и происходят из-за усталостных повреждений (образованием макроскопических трещин) несущих элементов металлоконструкций кранов. Цель работы – повышение качества и производительности ремонтной сварки мостовых кранов.

В работе решены следующие задачи:

- 1) предложить способ ремонтной сварки на основе высокопроизводительных и эффективных способов сварки;
- 2) составить проектную технологию ремонтной сварки с использованием предложенного способа сварки;
- 3) предложить оборудование для осуществления предлагаемой технологии.

Внедрение предлагаемых решений позволит получить годовой экономический эффект, составляющий 5,936 млн. руб. Необходимые дополнительные капитальные вложения 400 тыс. руб. будут окуплены через 0,5 лет.

Пояснительная записка состоит из 61 страницы, включает в себя 18 таблиц, 20 иллюстраций, библиографический список содержит 31 наименование источников. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 МОСТОВОЙ КРАН. ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИИ КРАНА	
1.1 Описание металлоконструкции крана и характер его разрушения	9
1.2 Сведения о материале изделия	15
1.3 Применяемая технология ремонтной сварки металлоконструкции крана	18
1.4 Формулировка задач	22
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ	
2.1 Выбор способа ремонтной сварки	23
2.2 Выбор сварочных материалов	25
2.3 Повышение эффективности сварки	26
2.4 Подготовка к сварке	33
2.5 Описание сварочных операций	34
2.6 Контроль качества	34
2.7 Оборудование для осуществления проектной технологии	35
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	39
3.2 Идентификация персональных рисков	40
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	42
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	43
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	45
3.6 Заключение по разделу	46
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	57

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в промышленности наблюдается сильная изношенность технологического оборудования, поскольку участились случаи техногенных аварий и катастроф, поэтому актуальным является обеспечение безопасности эксплуатации ответственных сварных конструкций. К технологическому оборудованию помимо станков и транспорта, относят и мостовые краны, которые являются главным звеном в транспортной цепочке, от технического состояния мостового крана зависит не только нормальное осуществление технологических процессов, но и безопасность труда персонала. На долю мостовых кранов приходится приблизительно 38 % грузоподъемных механизмов. При работе кранов износу подвергаются силовое оборудование (двигатели, лебёдки, передачи) и к сварные металлоконструкции, у большинства которых истек нормативный срок службы [1].

В соответствии с Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (от 20 июня 1997 года) к категории опасных производственных объектов относят объекты, использующие стационарно установленные грузоподъемные механизмы. Обеспечение безопасности кранов производится разными средствами. Применительно к приводам и системам управления – дублирование, к стальным канатам и быстроизнашивающимся деталям – периодическая замена. Однако, наиболее ответственной частью крана, которая не подлежит дублированию или замене, является металлическая конструкция крана. Её разрушение приводит к человеческим жертвам и серьёзному материальному ущербу, т.е. она играет исключительно высокую роль для безопасности крана. Причиной аварий и разрушений металлоконструкций мостовых кранов являются дефекты в элементах конструкции [2]. При этом разрушение сварных соединений приводит приблизительно к 90 % всех случаев разрушения машиностроительных конструкций [3].

Как показал опыт эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, к окончанию нормативного срока службы примерно у 80 % всех кранов не исчерпан остаточный ресурс металлоконструкций. Можно заключить, что нормативный срок службы [4, 5, 6] не ограничивает работоспособность грузоподъемного крана, а для его дальнейшей и безаварийной работы требуется решение задачи ремонта металлоконструкций. Около трети аварий мостовых кранов связаны с их техническим состоянием и происходят из-за усталостных повреждений (образованием макроскопических трещин) несущих элементов металлоконструкций кранов [7, 8, 9, 10, 11].

Исследования в области ремонтной сварки посвятили свои работы Патон Е.О., Патон Б.Е., Ларионов В.П., Николаев Г.А., Куркин С.А., Слепцов О.И., Винокуров В.А., Кузьмин В.Р., Ишков А.М., Квагинидзе В.С. и другие учёные.

В настоящее время актуальным остаётся вопрос повышения эффективности ремонтной сварки мостовых кранов.

Цель работы – повышение качества и производительности ремонтной сварки мостовых кранов.

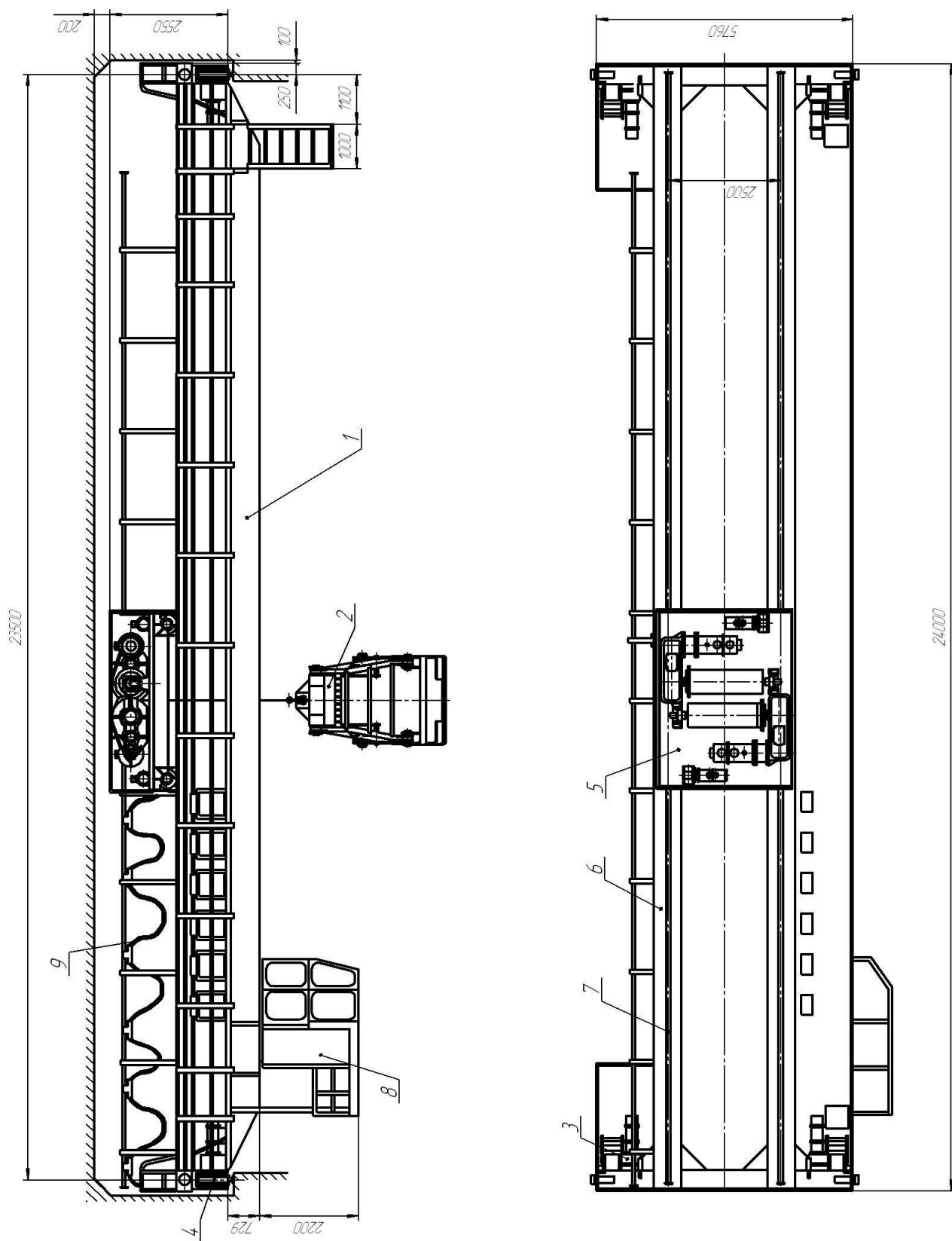
1 МОСТОВОЙ КРАН. ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИИ КРАНА

1.1 Описание металлоконструкции крана и характер его разрушения

Мостовой кран (рис. 1.1, рис. 1.2) включает в себя два основных узла: мост (передвигается вдоль цеха), и крановую тележку (передвигается по мосту). Управление краном осуществляют из кабины.

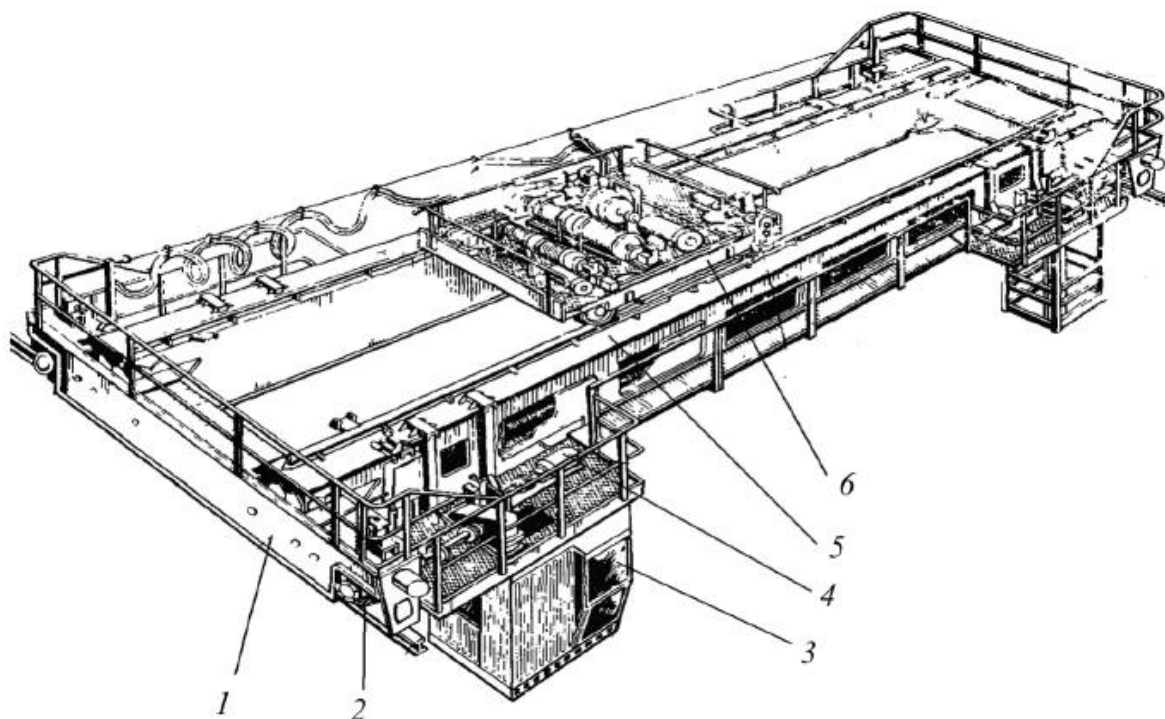
Мост крана - главная несущая конструкция, на которую помещают грузовую тележку, механизмы передвижения и кабину управления крана. Конструктивно мост выполняется в виде рамы, которая образуется при помощи главных (продольных) и концевых (поперечных) балок. Главные балки (рис. 1.3) расположены поперёк пролёта цеха, по ним передвигается грузовая крановая тележка. На концевых балках располагаются ходовые колёса для передвижения моста и привод крана.

Концевая балка – опорный элемент главной балки, это жесткая сварная металлическая конструкция коробчатого сечения, на которую устанавливается ходовая часть крана. Рельс размещают симметрично относительно вертикальной оси главной балки, поэтому вертикальная нагрузка, создаваемая тяжестью тележки и груза, передается на вертикальные стенки поровну. Верхние и нижние пояса принимают на себя горизонтальные нагрузки, возникающие при пуске и торможении крана. Большие и малые диафрагмы обеспечивают жесткость главных балок. Большие диафрагмы отвечают за устойчивость стенок главной балки. Малые диафрагмы не позволяют развиваться чрезмерным деформациям верхнего пояса от ходовых колёс тележки.



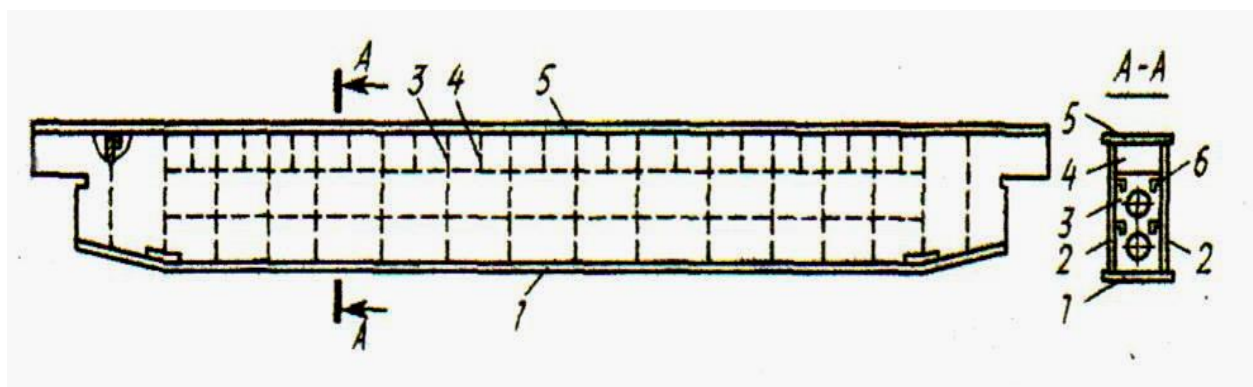
- 1 – мост, 2 – подъёмный механизм, 3 – привод, 4 – колесо привода,
 5 – крановая тележка, 6 – поперечная балка крана, 7 – крановый рельс,
 8 – кабина, 9 – кабель питания

Рисунок 1.1 – Общий вид мостового крана



1 – концевая балка; 2 – ходовое колесо; 3 – кабина управления; 4 – механизм передвижения крана; 5 – главная балка; 6 – грузовая тележка

Рисунок 1.2 – Внешний вид мостового крана



1 – нижний пояс; 2 - боковая вертикальная стенка; 3 – большая диафрагма; 4 – малая диафрагма; 5 – верхний пояс; 6 – уголок

Рисунок 1.3 - Главная балка крана

Металлическая конструкция концевой балки включает в себя два пояса, две вертикальные стенки и диафрагмы, которые размещены внутри балки. К концевым балкам приваривают присадочные пластики, на которые устанавливают ходовую часть крана, рабочие поверхности платиков обрабатывают и к ним при помощи болтов прикрепляют буксы с ходовыми колесами. Главные балки моста соединяют с концевыми балками при помощи сварки.

Мост выполнен из листового металла. Главные блоки в разрезе такой конструкции моста крана имеют вид прямоугольника, внутри блока с целью придания им жесткости устанавливают косынки. С внешней стороны главных балок выполнены настилы для установки оборудования.

Мост крана передвигается по цеху при помощи ходовых колес, которые приводятся в движение механизмом передвижения крана, смонтированным на мосту.

На мосту располагают кабину управления, которая находится ниже моста, с одного его конца и противоположно проходу троллейных проводов. Питание к двигателям крана подводится при помощи голых проводов, которые и называются «троллейными».

Наиболее нагруженным и ответственным местом в металлоконструкции моста крана являются узлы соединения главных и концевых балок (рис. 1.4), которые должны находиться под постоянным наблюдением обслуживающего персонала. К этому узлу предъявляются требования высокой прочностью и жесткости в условиях действия всевозможных нагрузок, которые возникают при работе крана. Трещины образуются в сварном шве соединения пояса со стенкой в месте перегиба пояса и распространяются на основной металл. Сначала направление трещины перпендикулярно поясу, а затем на расстоянии 100...150 мм от пояса она разветвляется (рис. 1.5). Одна из трещин продолжает развиваться вертикально, другая — наклонно под углом к горизонтали около 45°. Возможны случаи, когда трещина переходит от сварного шва в основной металл нижнего пояса [12].

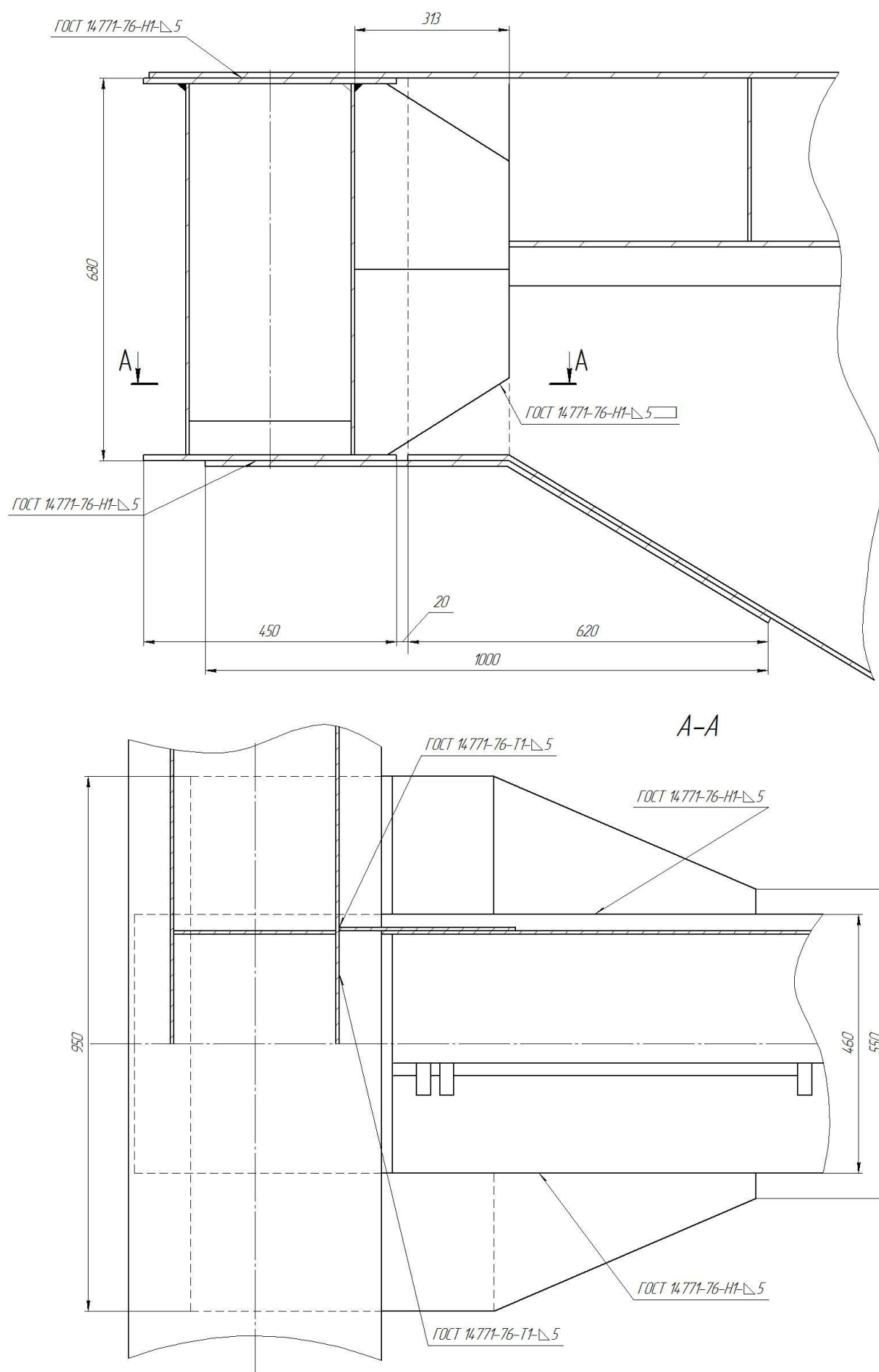


Рисунок 1.4 – Узел соединения главной и концевой балок

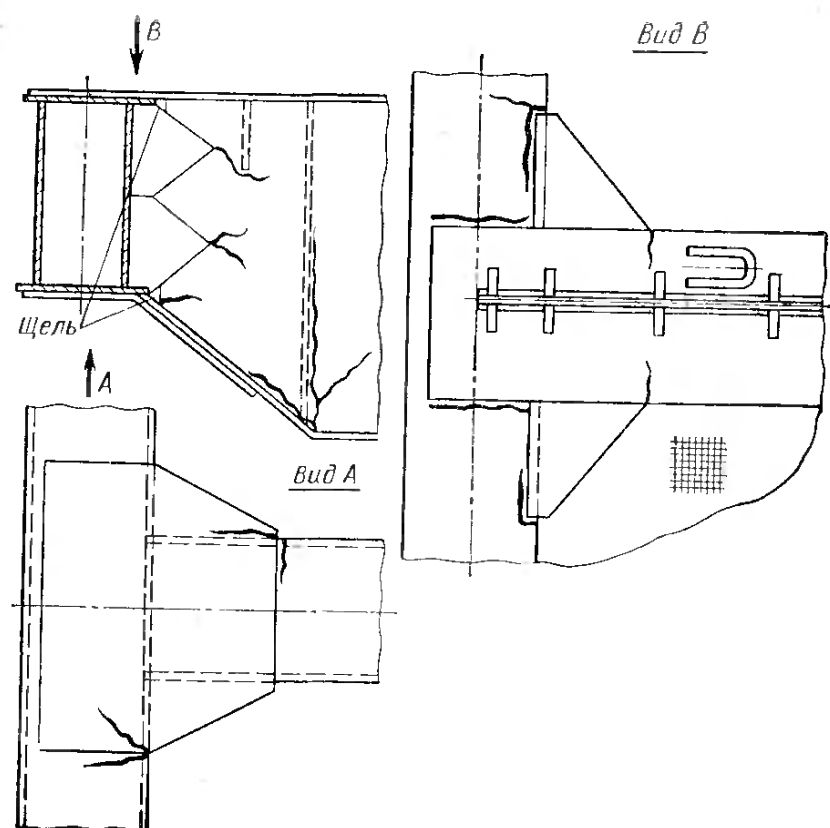


Рисунок 1.5 – Разрушение узла главной и концевой балки

На поясах главных и концевых балок, косынках и фасонка в течение первых нескольких лет эксплуатации могут возникать трещины [13]. При проведении ремонтных работ производят срезание существующих косынок, зачистку мест резов. Надёжность и жёсткость узла повышают путём повышения установки новых косынок увеличенного размера. Такой подход к эксплуатации металлической конструкции крана техническое нельзя признать правильным, так как он предусматривает выполнение большого объёма огнерезных работ, которые впоследствии могут стать концентраторами напряжений и являться причиной появления новых трещин.

1.2 Сведения о материале изделия

Металлоконструкции крана изготавливают из стали 09Г2С (конструкционная низколегированная сталь), которая сваривается без ограничений, не требует подогрева и последующей термообработки.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С

Mn		Si		Ni		C		S	
мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс
1,3	1,7	0,5	0,8	-	0,3	-	0,12	-	0,04
P		Cr		N		Cu		As	
мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс
-	0,035	-	0,3	-	0,008	-	0,3	-	0,08

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

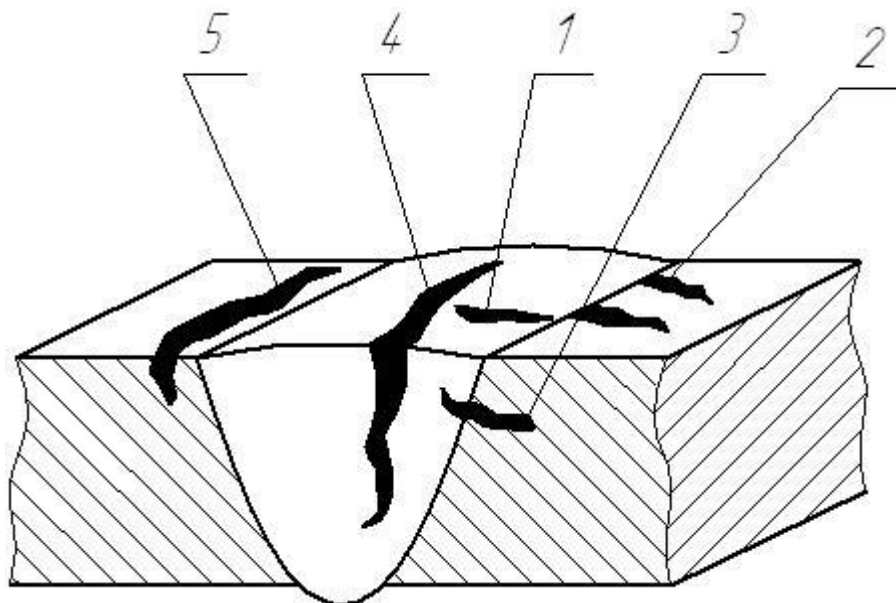
Сортамент	Размер	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5
-	мм	-	МПа	МПа	%
Лист	4		500	350	21

При сварке конструкций из стали 09Г2С возможно появление следующих дефектов [14, 15, 16]: горячие трещины, непровары, поры.

Горячие трещины (рис. 1.6), возникают по причине большого времени между сваркой и термообработкой, повышенной скорости охлаждения; ошибок в проектировании сварного шва (при близко расположенных концентраторах напряжений), нарушения технологии (неправильный порядок наложения швов).

С горячими трещинами при сварке борются путём применения следующих технологических мероприятий: сварку ведут усиленными валиками с минимальной длиной дуги, без поперечных колебаний. Кратеры швов необходимо тщательно заплавлять с получением выпуклого мениска

или производить их вышлифовывание. Следует избегать получения кратеров на основном металле. Повторное возбуждение дуги следует проводить после того, как проверили шов на отсутствие горячих кратерных трещин, если кратерная трещина присутствует, кратер удаляют механическим способом.



1, 2, 3 – поперечные горячие трещины; 4, 5 – продольные горячие трещины

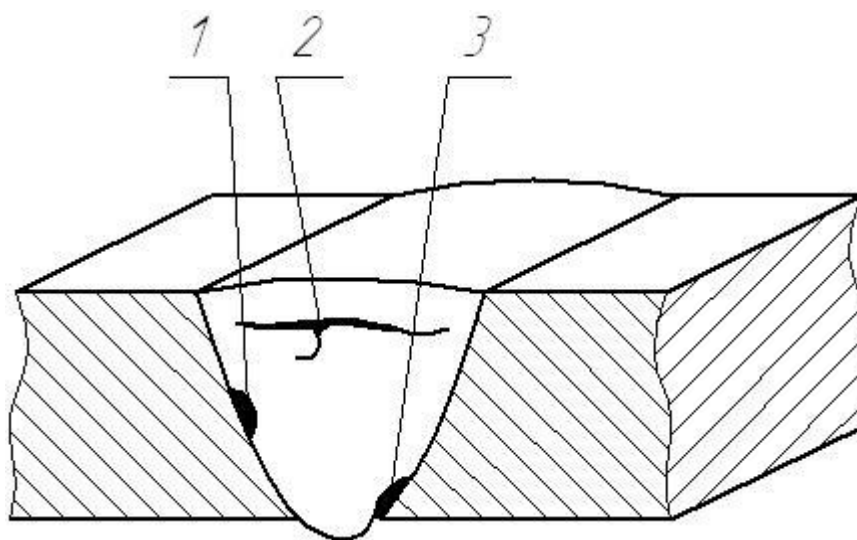
Рисунок 1.6 – Виды горячих трещин при сварке

Возникновение непроваров (рис. 1.7) происходит по причине недостаточной погонной энергии сварки, плохой подготовки поверхностей валиков и кромок, неправильной формы разделки, завышенной скорости сварки.

Для борьбы с непроварами необходимо обеспечить качественную подготовку стыка к сварке, зачистку выпуклых валиков при многопроходной сварке. При сварке следует правильно выбирать и строго соблюдать заданные параметры режимы сварки. В случае, если несплавление доступно для повторной заварки, следует произвести зачистку корня шва в месте дефекта и заварить его повторно.

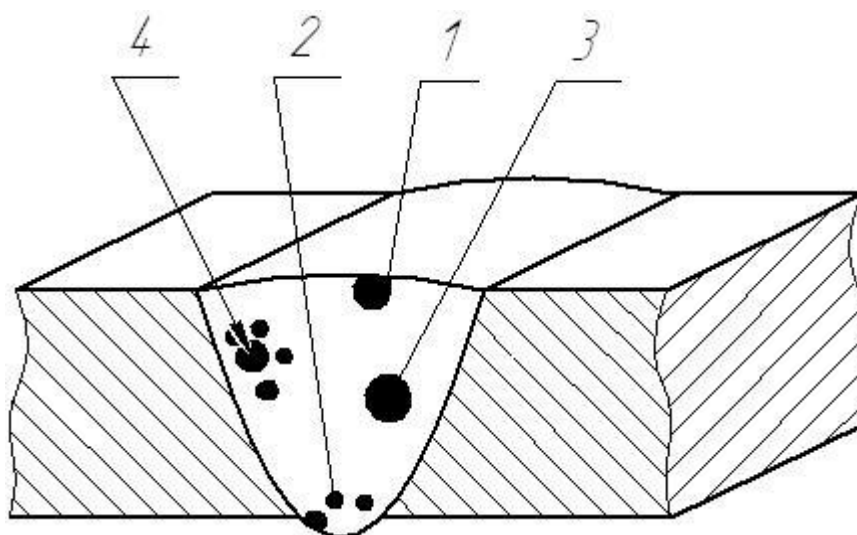
Поры (рис. 1.8) возникают по причине нарушения режима прокалики электродов, некачественной подготовки кромок, неправильно выбранного диаметра электрода, чрезмерной длины дуги, чрезмерной скорости сварки, некачественной защиты места сварки.

Для предупреждения появления пор при сварке запрещается применение электродов с осыпавшимся или вздувшимся покрытием, необходимо обеспечивать прокалку электродов и соблюдение режимов сварки, сварку производить с использованием электродов малого диаметра. Дефектный участок с порами вырубает или вычищают, потом вновь заваривают.



1 – непровар по боковой стороне; 2 – непровар между валиками;
3 – непровар в корне шва

Рисунок 1.7 – Виды непроваров при сварке



1 - поверхностная пора; 2 – пора в корне шва;
3 - одиночная; 4 – поровое скопление

Рисунок 1.8 – Виды пор при сварке

1.3 Применяемая технология ремонтной сварки металлоконструкции крана

Ремонт трещин металлоконструкций мостового крана производится в заданной последовательности выполнения технологических операций:

- 1) Визуально определяют наличие трещины, устанавливают её границы по всей длине и отмечают концы трещины. В случае необходимости для выявления концов трещины необходимо применить соответствующие способы дефектоскопии (магнитная дефектоскопия, проникающие растворы, травление и пр.).
- 2) По концам трещины на расстоянии, равном половине диаметра сверла, выполняют сквозные отверстия диаметром 1...1,5 толщины основного металла.
- 3) По всей длине трещины производят разделку кромок (рис. 1.9). Кромки разделяют под сварные швы С17, С18 или С23 в соответствии с ГОСТ 5264-80. При толщине листа более 15 мм и доступе к шву с двух сторон разделку следует производить под шов С26.
- 4) Зону разделки трещины очищают от масла, окалины, грязи, со всех сторон на ширину 20...25 мм.
- 5) В местах выхода трещины на край детали приваривают заходные (выходные) планки.
- 6) Заполняют разделку валиками за несколько проходов, что позволяет избежать перегрева основного металла. Обеспечивают плавный переход от основного к наплавленному металлу. Запрещается неполностью заваривать трещины (конструкциях после ремонтной сварки недопустимы участки с нарушением сплошности сечения).
- 8) После заварки трещины поверхность шва зачищают заподлицо с основным металлом.
- 9) Удаляют выводные планки механическим способом.

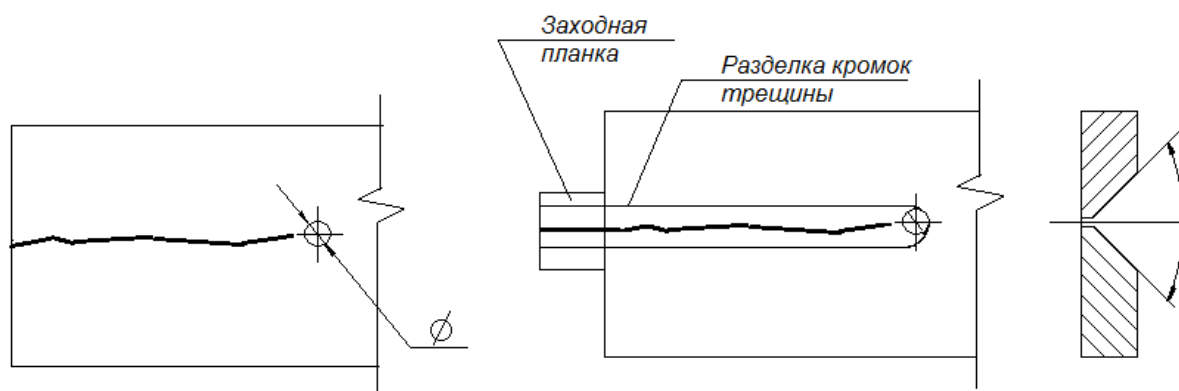


Рисунок 1.9 – Подготовка трещины к заварке

При ремонтной сварке применяют электроды для ручной дуговой сварки по ГОСТ 9466-75. Необходимо соблюдение режимов сушки электродов перед сваркой (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Параметры режима просушки электродов

Марка электродов	Режим сушки электродов	
	Время, мин	Температура, °С
УОНИ 13/55	60	300
УОНИ 13/45	60	250
ОЗС-6	90	300
ОЗС-3	60	200

Для сварки применяется выпрямитель сварочный ВД-252 (рис. 1.10), который может применяться при дуговой сварке конструкций из стали, имеющих различное назначение, с толщиной стенки 0,5...12 мм плавящимся электродом. Выпрямитель позволяет производить мобильные работы и в труднодоступных местах.

Сварку производят на обратной полярности («плюс» на электроде). Дефекты, которые были обнаружены в соединениях в процессе ремонтной сварки, устраняют с последующим контролем исправленных участков.

К сварочным работам, включая прихватку и приварку временных креплений, могут быть допущены сварщики, аттестованные в соответствии с

Правилами аттестации сварщиков, и имеющие удостоверение установленной формы. Сварщики могут производить только те сварочные работы, которые указаны в их удостоверениях.

Таблица 1.4 – Режимы сварки с применением электродов различных марок

Марка электрода	Диаметр электрода, мм					
	3		4		5	
	min	Max	min	max	min	max
УОНИ 13/45	60 A	130 A	110 A	180 A	130 A	220 A
УОНИ 13/55	60 A	130 A	100 A	180 A	140 A	210 A
ОЗС-3	150A	210 A	180 A	240 A	240 A	320 A
ОЗС-6	60 A	130 A	100 A	210 A	150 A	280 A



Рисунок 1.10 – Выпрямитель сварочный ВД-252

Качество получаемых сварных соединений контролируют при помощи внешнего осмотра, измерительных инструментов, испытаний на непроницаемость, радиационных, ультразвуковых и магнитных, методов.

Перед контролем качества необходимо произвести очистку сварного шва и прилегающих к нему поверхностей от шлака и других загрязнений, которые могут привести к затруднению осмотра, с обеих сторон шва на ширину не менее 20 мм.

Осмотром выявляют внешние дефекты, ему подвергают 100 % всех швов независимо от того, какие другие методов контроля ещё применяются. Осмотр швов производят по всей их протяженности с двух сторон. Исключение составляют места, недоступные для осмотра.

Невооруженным глазом или лупой с 4-х кратным увеличением проверяют шов на дефекты: трещины, подрезы, свищи, прожоги, натеки, непровары корня и кромок.

Дефекты, выявление которых произведено при внешнем осмотре, необходимо устранить перед контролем с использованием других методов.

Недопустимы следующие дефекты, выявляемые при визуальном и измерительном контроле:

- трещины всех размеров и направлений;
- наплывы, суммарная длина которых составляет более 100 мм на 1 метр участка сварного шва;
- подрезы, которые имеют глубину более 0,5 мм
- незаваренные кратеры;
- свищи и прожоги;
- отклонения в размерах швов в сторону их уменьшения.

Недопустимы следующие дефекты, выявляемые ультразвуковым контролем:

- трещины и непровары;
- шлаковые включения размером более 2 мм и суммарной длине дефектов 8 мм при расстоянии между дефектными участками не менее 500 мм;
- скопление пор и шлаковых включений в количестве, превышающем 5 штук на 1 квадратный см шва, при этом допустимое значение для всех размеров поры или шлаковых включений составляет 1,5 мм

Возникновение дефектов в сварных швах может происходить по следующим причинам:

- 1) из-за некачественной подготовки и сборки сварных соединений;
- 2) из-за неправильной технологии ведения сварочных работ;
- 3) из-за несоответствия и низкого качества сварочных материалов.

1.4 Формулировка задач

На основании анализа базовой технологии можно сформулировать её недостатки, устранение которых приведёт к достижению поставленной цели.

Использование ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки:

- 1) низкую производительность;
- 2) малую стабильность качества, зависящую от квалификации сварщика, большое число возникающих дефектов.

Задачам работы в этом случае будут:

- 1) предложить способ ремонтной сварки на основе высокопроизводительных и эффективных способов сварки;
- 2) составить проектную технологию ремонтной сварки с использованием предложенного способа сварки;
- 3) предложить оборудование для осуществления предлагаемой технологии.

Последовательное решение сформулированных задач позволит достигнуть поставленной во введении цели.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ

2.1 Выбор способа ремонтной сварки

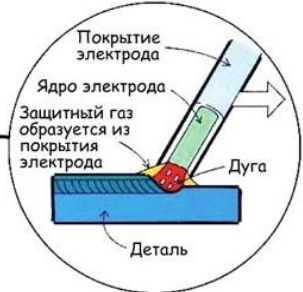
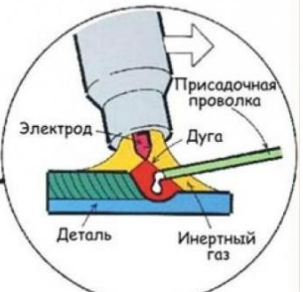
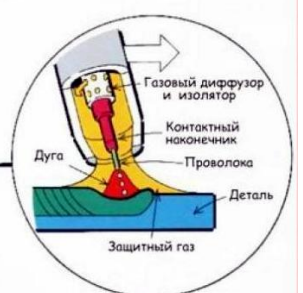
1. При выборе способа сварки следует принимать во внимание химическую активность материала, из которого изготавливают сварную конструкцию. Сварку легированных конструкционных сталей выполняют с применением всех способов сварки плавлением: ручной дуговой покрытыми электродами, ручной неплавящимся электродом, полуавтоматической плавящейся проволокой в защитных газах, автоматической неплавящимся электродом в защитных газах, автоматической плавящейся проволокой в защитных газах, автоматической сваркой под флюсом.

2. Далее следует принимать во внимание толщину материала свариваемой конструкции: толщина свариваемого металла составляет 12 мм. Детали толщины можно сваривать с применением следующих способов сварки: ручной дуговой покрытыми электродами, ручной неплавящимся электродом, полуавтоматической плавящейся проволокой в защитных газах, автоматической неплавящимся электродом в защитных газах, автоматической плавящейся проволокой в защитных газах, автоматической под флюсом.

3. Далее следует учесть протяжённость, конфигурацию и положение швов в пространстве. Рассматриваемая конструкция сварного соединения является стыковым соединением на балке закрытого сечения. Шов является прямолинейным, коротким или имеет среднюю длину. Пространственное положение при выполнении сварного шва различное, в зависимости от положения завариваемой трещины на ремонтируемой металлической конструкции. Поэтому возможно применение следующих способов сварки: ручной дуговой покрытыми электродами, ручной неплавящимся электродом, полуавтоматической плавящейся проволокой в защитных газах. Применение автоматических способов сварки нерационально, так как протяжённости швов мала.

4. Далее следует учесть степень механизации рассматриваемых способов сварки и их соответствие условиям производства данной сварной конструкции. В мелкосерийном производстве экономически оправданно применение механизированных и ручных способов сварки: ручной дуговой сварки покрытыми электродами, ручной сварки неплавящимся электродом, полуавтоматической сварки плавящейся проволокой в защитных газах.

Таблица 2.1 – Преимущества и недостатки, присущие рассматриваемым способам сварки

Способ сварки, эскиз	Преимущества способа	Недостатки способа
Ручная дуговая сварка штучными электродами 	- высокая мобильность способа - возможность осуществления сварки в различном пространственном положении - простота и малая стоимость технологического оборудования	- требует высокой квалификации сварщика - сложности при формировании корневого слоя шва - высокая трудоёмкость сварки - плохие условия труда сварщика
Сварка в инертных газах неплавящимся электродом 	- высокая стабильность процесса сварки - высокое качество сварки; - постоянство химического состава и геометрии сварного шва	- наличие дополнительных расходов на защитный газ и подвод защитного газа к месту сварки - необходимость смены и заточки неплавящегося электрода - высокая стоимость и сложность сварочного оборудования
Механизированная сварка в защитных газах 	- высокая производительность сварки - низкая стоимость проведения сварочных работ	- наличие дополнительных затрат на защитный газ - повышенное разбрызгивание металла при сварке на форсированных режимах - повышается стоимость и сложность сварочного оборудования

Выбранный способ сварки: механизированная сварка плавящейся проволокой в защитных газах.

2.2 Выбор сварочных материалов

Для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе в качестве сварочных материалов выступают: защитный газ и электродная проволока.

Выбор защитного газа

Механизированную сварку в защитных газах осуществляют в среде инертных газов и в среде активных газов, а также применяют их смеси. Возможно применение следующих газов:

- чистого аргона по ГОСТ 10157;
- технического геля первого сорта по МРТУ 51-77;
- углекислого газа в соответствии с ГОСТ 8050;
- кислорода газообразного технического по ГОСТ 5583.

Для ремонтной сварки конструкций из стали 09Г2С может быть использован в качестве защитного газа:

- чистый углекислый газ;
- смесь активных газов («углекислый газ+кислород»);
- смесь инертных газов с активными газами («аргон+кислород», «аргон+углекислый газ»; «аргон+углекислый газ+кислород»).

В соответствии с рекомендациями ТУ 24.22.188-04 в качестве защитного газа принимаем углекислый газ (100% CO₂), использование которого позволит получение качественных сварных швов при в условиях выполнения односторонней сварки.

Выбор электродной проволоки

Для ремонтной сварки металлических конструкций из стали 09Г2С с применением механизированной сварки в углекислом газе в соответствии рекомендациями ТУ 24.22.188-04 можно применять следующую сварочную проволоку:

- Св-08Г2С (проволока сплошного сечения);
- Св-08Г2СЦ (проволока сплошного сечения);

- ПП-АН9 (порошковая проволока);
- ПП-АН4 (порошковая проволока).

Выбираем проволоку Св-08Г2СЦ, которая позволит получение высоких механических свойств металла шва. От использования порошковой проволоки, следует отказаться по ряду причин. Во-первых, это дороговизна проволоки. Во-вторых, при использовании порошковой проволоки возникают проблемы со шлаковыми включениями при многопроходной сварке. В-третьих, в рамках данной работы предполагается повысить эффективность сварки, поэтому стабильность горения дуги и качество сварки будет такое же, как и при использовании порошковой проволоки.

2.3 Повышение эффективности сварки

Традиционный способ механизированной сварки предусматривает три формы горения дуги и переноса расплавленного электродного металла в сварочную ванну: капельную, струйную, короткими замыканиями [19, 20]. В качестве главных недостатков сварки в углекислом газе следует отметить низкую стабильность процесса и повышенное разбрызгивание электродного металла, борьбе с которыми посвящены многие исследования [21, 22, 23].

Импульсное управление процессом сварки позволяют достигать следующих технологических преимуществ [23]:

- управляемого и направленного переноса электродного металла;
- возможности осуществления сварки во всех пространственных положениях;
- уменьшения потерь металла при угаре и разбрызгивании.

Характер переноса металла, осуществляемый формирующимися на торце электродной проволоки каплями расплавленного металла, определяет особенности протекания механизированной сварки (рис. 2.1). На размер капель металла и частоту их перехода в сварочную ванну влияют материал и диаметр электродной проволоки, тип защитного газа, полярность и величина сварочного тока, напряжение дуги, давление окружающей среды и другие факторов.

Сварка с применением импульсной дуги имеет следующие особенности:

- рост тока в течение импульса сварки до значений, характерных для сварки на длинной дуге;
- происходит переход в сварочную ванну одной капли металла за импульс тока;
- производится подача импульсов тока с заданной частотой (порядка 30...330 Гц), которая зависит от скорости подачи проволоки;
- ток дежурной дуги поддерживает горение дуги, которая очищает поверхность свариваемых деталей;
- в период паузы продолжается горение дуги за счёт реакции импульсного тока и напряжения.

На осциллограмме процесса импульсной сварки выделяются следующие характерные точки (рис. 2.2) [22]:

- 1) t_1 – конец паузы, через дугу протекает дежурный ток, при этом капля занимает соосное с электродом положение;
- 2) t_2 – момент подачи импульса тока;
- 3) t_3 – перенос капли расплавленного электродного металла;
- 4) t_4 – окончание протекания импульса тока, завершается расплавление следующей капли, при этом капля отжимается на боковую поверхность электродной проволоки;
- 5) t_5 – через дугу протекает дежурный ток, при этом капля занимает соосное с электродом положение.

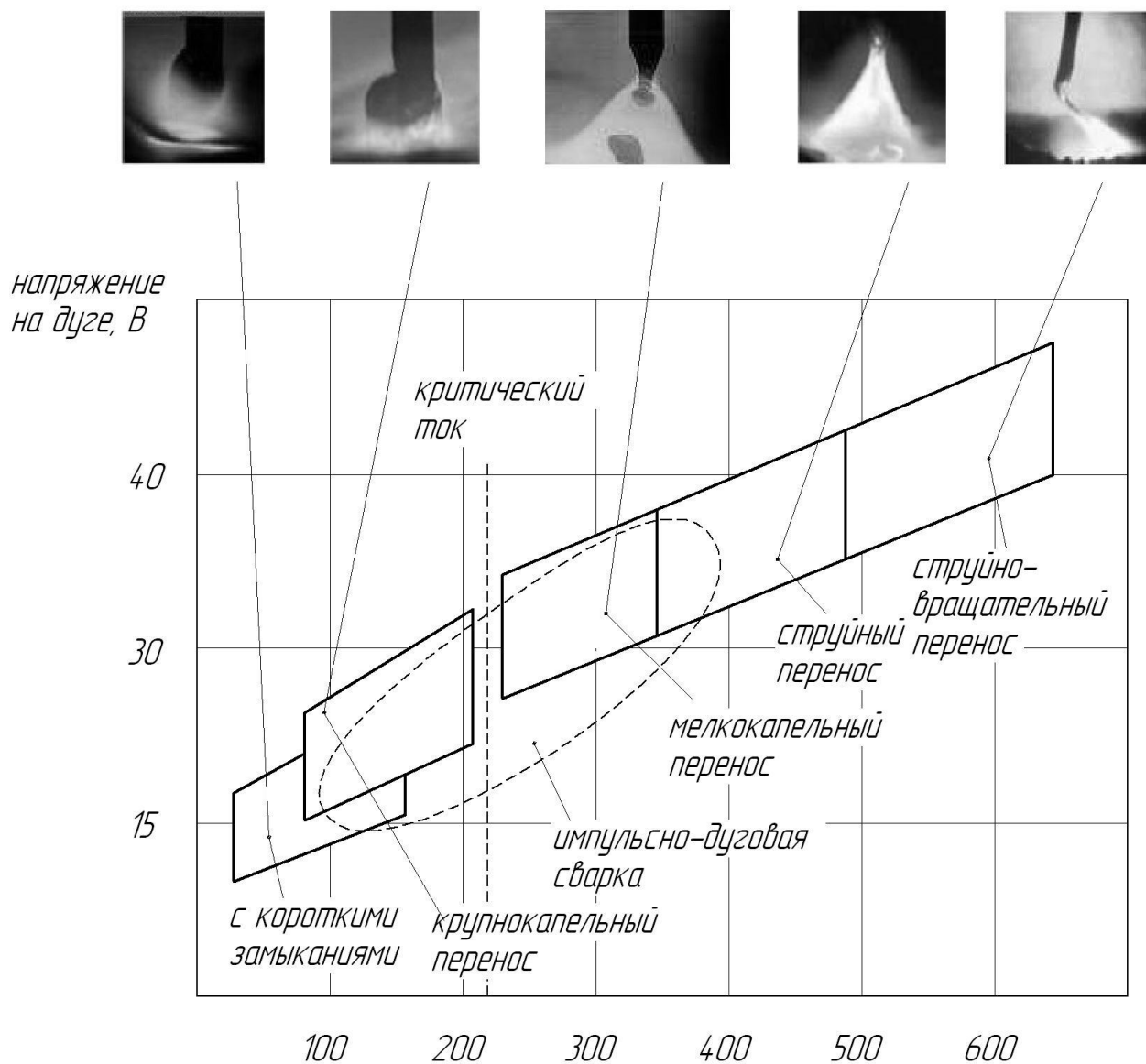


Рисунок 2.1 – Типы дуги и переноса металла при механизированной сварке в защитных газах

Как видно из кинограммы (рис. 2.2) и схем импульсной сварки, перенос электродного металла в период короткого замыкания происходит без разбрызгивания, а после завершения короткого замыкания вследствие повышения силы сварочного тока растёт эффективность нагрева свариваемого металла и проволоки.

Предлагаемое устройство [24] для импульсной сварки (рис. 2.3) представлено источником 1 постоянного тока, силовым тиристором 2 и сглаживающим дросселем 3, включенными последовательно в сварочную цепь, коммутирующим конденсатором 4, подключенным через вспомогательный тиристор 5 параллельно коммутирующему дросселю 6, диодом 7, секционированным резистором 8, фильтрующим конденсатором 9, подключенным параллельно источнику 1 питания, причем подключение через сглаживающий дроссель 3 и тиристор 10 коммутирующего конденсатора 4 производится параллельно с фильтрующим конденсатором 9.

В процессе сварки к началу стадии короткого замыкания происходит переход силового тиристора 2 в открытое состояние. При этом по цепи, которая состоит из источника питания 1, сглаживающего дросселя 3, сварочной дуги, силового тиристора 2 и коммутирующего дросселя 6, начинает протекать ток короткого замыкания. После достижения переменной своих критических размеров происходит переход тиристора 10 в открытое состояние. С этого момента по цепи, состоящей из источника питания 1, сглаживающего дросселя 3, тиристора 10, коммутирующего конденсатора 4, начинает протекать ток зарядки, осуществляющий заряд коммутирующего конденсатора 4 до напряжения, которое превышает напряжение источника питания 1.

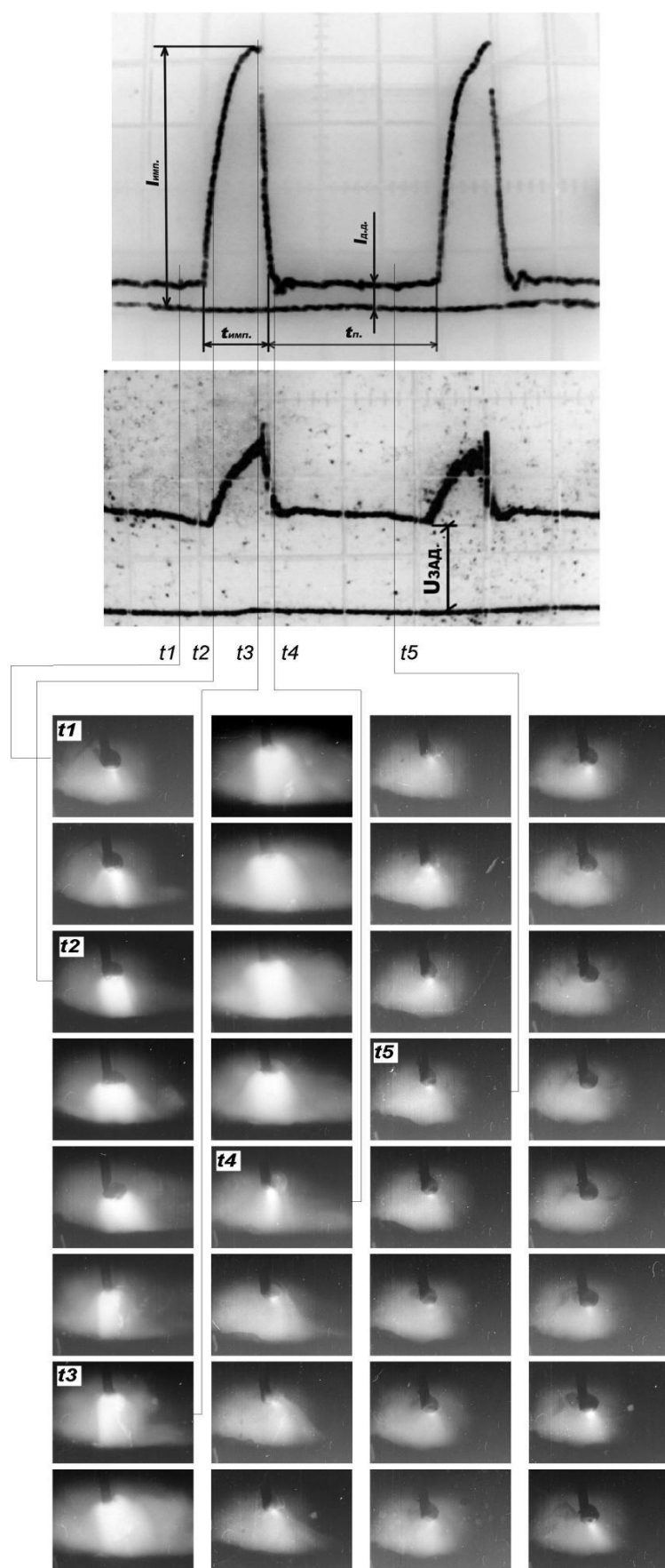
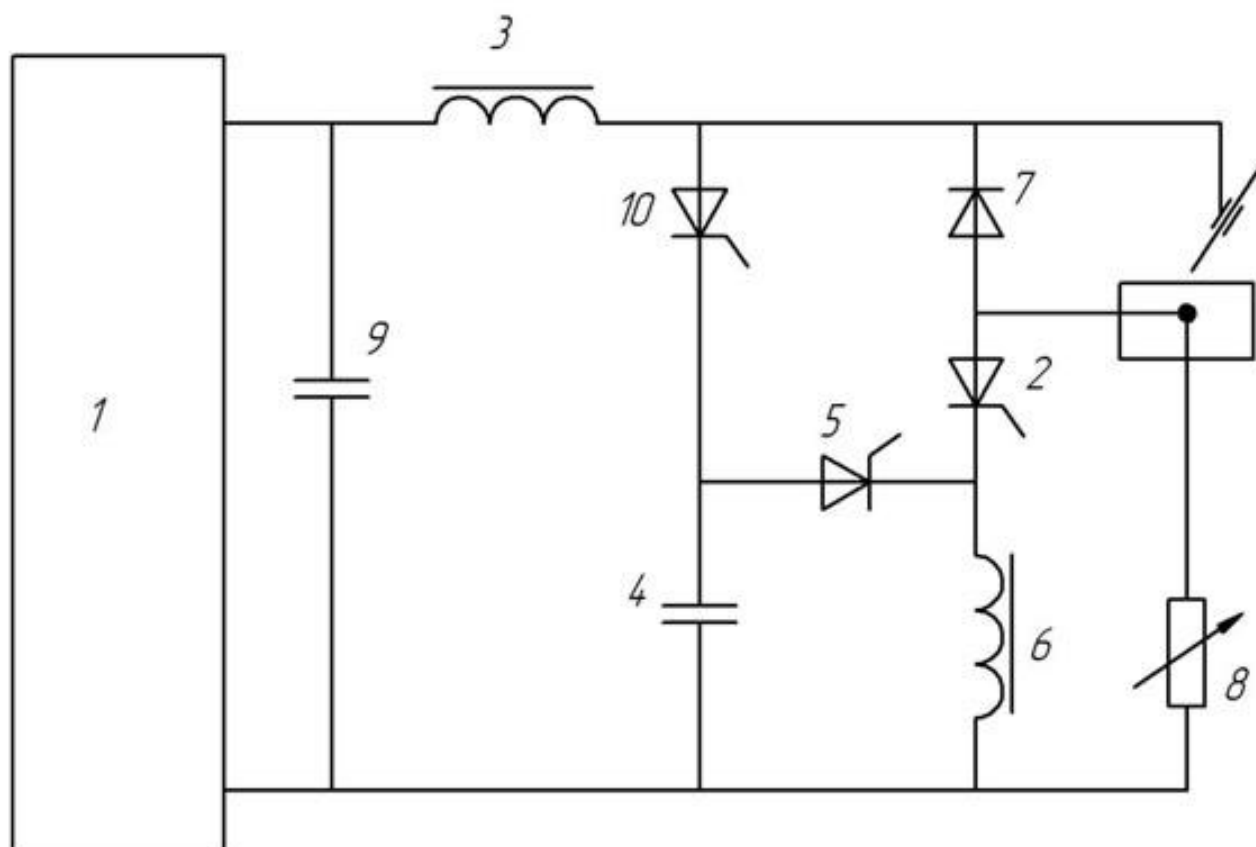


Рисунок 2.2 – Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой [22]



1 - источник постоянного тока, 2 - силовой тиристор, 3 - сглаживающий дроссель, 4 - коммутирующий конденсатор, 5 - вспомогательный тиристор, 6 - коммутирующий дроссель, 7 - диод, 8 - секционированный резистор, 9 - фильтрующий конденсатор, 10 - тиристор

Рисунок 2.3 – Устройство для импульсной сварки

После заряда коммутирующего конденсатора 4, к тиристор 10 прикладывается обратное напряжение, что приводит к включению тиристора 10. На интервале времени, когда тиристор 10 находится в открытом состоянии, в сварочной цепи ступенчато уменьшается сварочный ток, что приводит к ограничению энергии взрыва перемычки электродного металла и стабилизации перехода капли расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

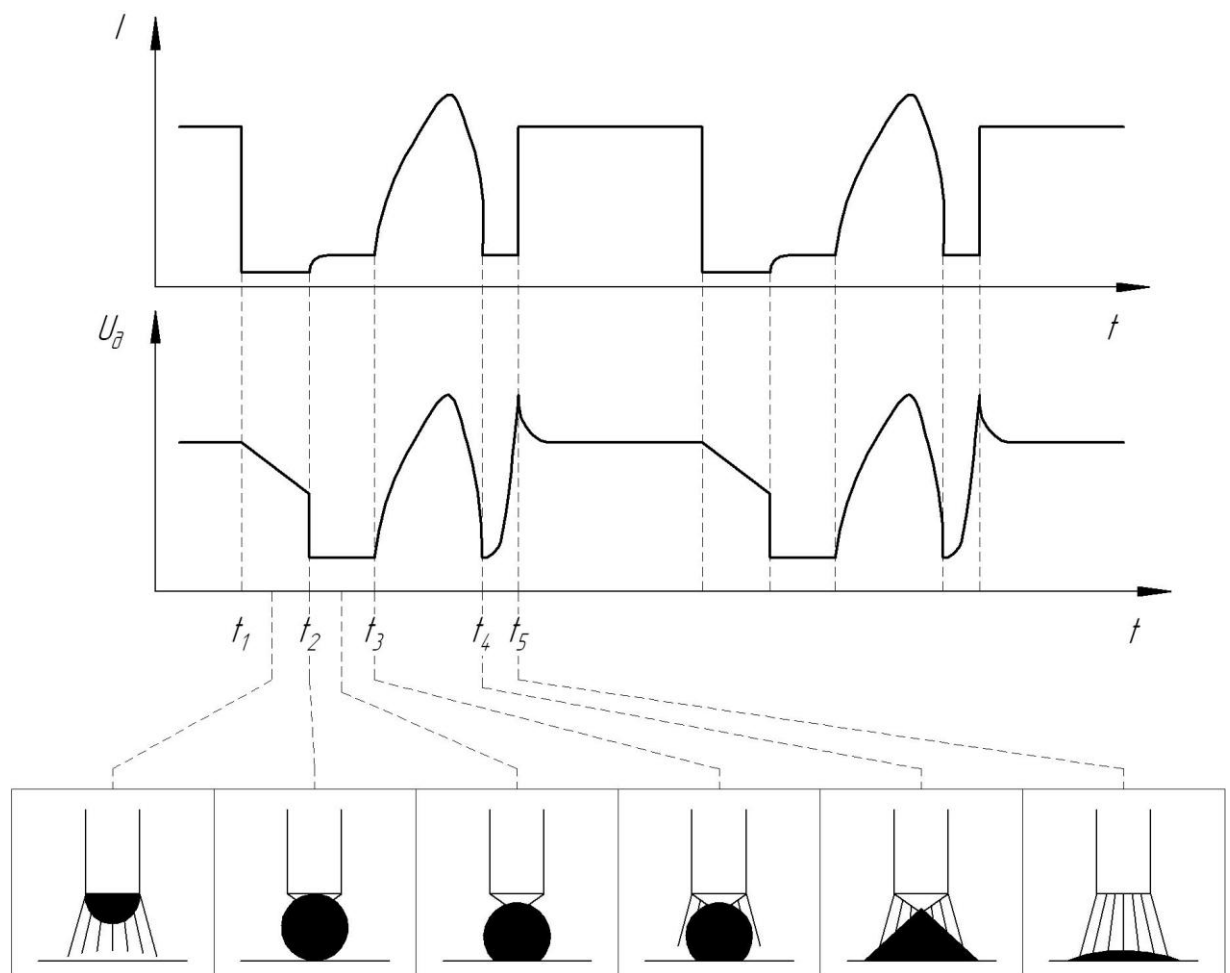


Рисунок 2.4 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

2.4 Подготовка к сварке

Выбор соединения ведём в соответствии с ГОСТ 14771 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»

По всем заданным требованиям подходит конструкция сварного соединения под шифром С17. Выполняем эскизирование конструктивных элементов при подготовке кромок деталей под сварку и сборке сварного соединения, указывая необходимые размеры и диапазоны, в которых находятся допустимые значения размеров сварного шва (рис. 2.5).

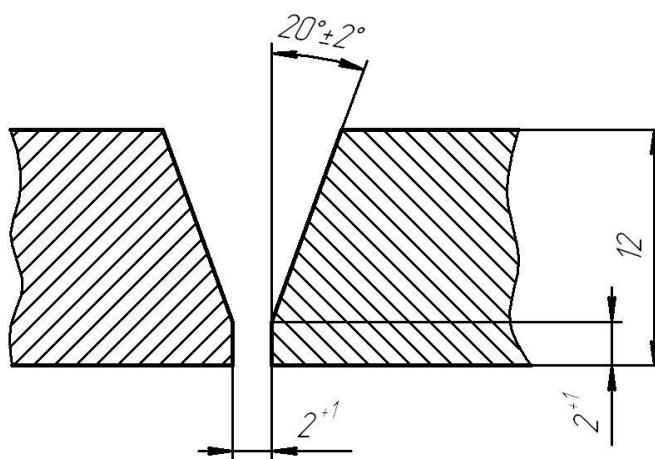


Рисунок 2.5 – Разделка кромок деталей
в соответствии с ГОСТ 14771—78 (С17)

При осуществлении разделки несквозных трещин выполняем разделку на всю глубину залегания трещины до целого металла. Длина разделки должна быть на 15...20 мм превышать видимые границы трещины. В случае разделки сквозной трещины следует засверлить её концы с использованием сверла диаметром 8...12 мм и раззенковать полученные отверстия на $\frac{1}{2}$... $\frac{1}{3}$ толщины металла.

Допускается определение границ трещины нагревом ее газовой горелкой до температур 100...150 °С. При помощи керн производят наметку расположения трещины для последующей разделки. Разделку трещины следует производить с получением плавного выхода на поверхность изделия на расстоянии 50 мм далее концов этой трещины.

2.5 Описание сварочных операций

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). Расход газа при сварке принимаем $1,0...1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Чтобы защиту поверхности деталей от сварочных брызг осуществляют жидким концентратом лигносульфоната (возможно применение других защитных средств с аналогичными свойствами, которые не оказывают влияния на качество сварки). Лигносульфонат технический разбавляют горячей водой с температурой $50...60 \text{ }^\circ\text{C}$, получая раствор с отношением по массе 1:4 или по объёму 1:5. Полученную жидкость наносят на поверхность деталей тонким слоем на ширину 100...150 мм с обеих сторон шва за 1...2 часа до начала сварки. Поверхность детали перед нанесением защитного покрытия должна быть очищена, необходимо убрать с ней масло, эмульсии и другие жировые вещества.

Сварку производим на постоянном токе прямой полярности, принимают сварочную проволоку диаметром 1,4 мм, устанавливают вылет сварочной проволоки 13...20 мм, значение тока сварки 200...250 А. Сварку ведём «углом назад».

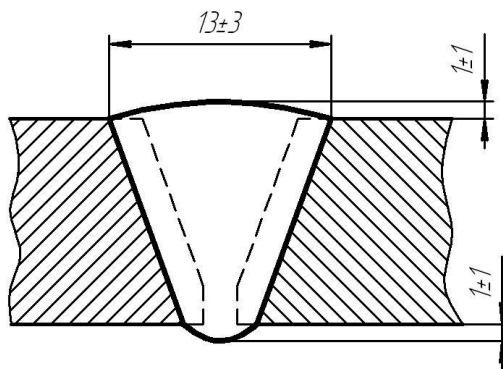


Рисунок 2.5 – Геометрия получившегося при сварке шва

2.6 Контроль качества сварки

Получение стабильного качества сварных швов возможно только при условии осуществления контроля качества в указанных объёмах:

- визуального и измерительного контроля (100 %);
- испытаний керосином (100 %);
- ультразвукового контроля (100 %)

Недопустимы следующие дефекты, выявляемые при визуальном и измерительном контроле:

- трещины всех размеров и направлений;
- наплывы суммарной длиной 100 мм и более на 1 метр сварного шва;
- подрезы глубиной, превышающей 0,5 мм
- незаваренные кратеры;
- свищи и прожоги;
- отклонения в размерах швов в сторону их уменьшения.

Недопустимы следующие дефекты, выявляемые ультразвуковым контролем:

- трещины и непровары;
- шлаковые включения размером более 2 мм и суммарной длине дефектов 8 мм при расстоянии между дефектными участками не менее 500 мм;
- скопления пор и шлаковых включений в количестве более 5 штук на 1 кв. см произв. площади шва, при этом максимально допустимый размер для любой поры или любого шлакового включения составляет не более 1,5 мм

2.7 Оборудование для осуществления проектной технологии

Плазменную строжку предлагаем производить при помощи аппарата для воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - Аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

В качестве источника питания при дуговой сварке предлагаем применить выпрямитель ВДУ-506 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 - Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506

Таблица 2.2 – Техническая характеристика аппарата воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

Толщина резки:		
Рекомендуемая	мм	38
Максимальная	мм	44
Предельная	мм	57
Напряжение сети ($\pm 10\%$) при 50/60 Гц	В	400
Диапазон тока резки	А	30-125
Ток резки при 10 мин/40°C 100% ПВ	А	125
Потребляемая мощность при ПВ 100%	кВт	30
Максимальное напряжение холостого хода	В	305
Номинальное выходное напряжение	В	175
Класс защиты		IP 23
Габариты (Д/Ш/В)	мм	592x274x508
Масса с плазматроном	кг	48,9
Расход воздуха при 5,9 бар	л/мин	260

Таблица 2.3 – Техническая характеристика выпрямителя дуговой сварки ВДУ-506

Напряжение питающей сети	В	3х380
Номинальная потребляемая мощность	кВА	34
Частота питающей сети	Гц	50
Диаметр штучных электродов	мм	2...6
Номинальный сварочный ток, А (ПВ)	А, %	500 (60)
Пределы регулирования сварочного тока	А	60...500 50...500
Рабочее напряжение: - жесткие хар-ки - падающие хар-ки	В	18...50 22...46
Напряжение холостого хода, не более	В	85
Потребляемая мощность, не более	кВА	34
Масса, не более	Кг	290
Габариты (ДхШхВ)	мм	830х420х1080

В качестве податчика проволоки используем полуавтомат ПДГ-525 (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Сварочный полуавтомат ПДГ-525

Таблица 2.4 – Техническая характеристика
сварочного полуавтомата ПДГ-525

Номинальное напряжение питания (при частоте 50 Гц)	В	220, 380 В
Род сварочного тока		постоянный
Номинальный сварочный ток (при ПВ=60%)	А	500 А
Режим работы		повторно-кратковрем.
Длительность цикла	мин	5 мин
Диаметр электродной проволоки	мм	1,2...2,0 мм
Скорость подачи проволоки	м/ч	960±75 м/ч
Расход защитного газа	л/ч	1200±500

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выполнение сварочных работ может сопровождаться несчастными случаями и возникновением у персонала профессиональных заболеваний.

За соблюдением правил техники безопасности на предприятиях следит инспекция Госгортехнадзора РФ, инспектор ЦК профсоюзов, Государственная санитарная инспекция и Государственная инспекция пожарной охраны.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1	2	3	4
1. Зачистка трещины от загрязнения и присутствующей краски	Слесарь-сборщик	Дрель, лупа, машина шлифовальная угловая,	Абразивный круг, металлическая щетка, сверло, рукавицы
2. Проведение разделки кромок трещины	Газоэлектросварщик	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND	Щётка металлическая, вода техническая

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
3. Заполнение разделки трещины	Газоэлектросварщик	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, сварочный полуавтомат ПДГ-525	Сварочная проволока Св-08Г2СЦ, лигосульфат, углекислый газ, рукавицы
4. Контроль качества ремонтной сварки	Дефектоскопист	Лупа, машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230	Керосин, мел, рукавицы

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Профессиональные риски

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Зачистка трещины от грязи и краски	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, дрель

2. Разделка кромок	- высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	Приспособление для сборки, источник питания сварочной дуги, сварочная горелка, механизм подачи электродной проволоки
3. Заполнение разделки	- высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	Приспособление для сборки, источник питания сварочной дуги, сварочная горелка, механизм подачи электродной проволоки
4. Контроль качества	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Края изделия, приспособление для сборки, аппаратура ультразвукового контроля

Защиту глаз сварщика обеспечиваем путём применения шлема «Хамелеон NWT-2» (рис. 3.1), который оснащён переменным светофильтром.



Рисунок 3.1 – Шлем для сварки «Хамелеон NWT-2»

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок,	Проведение инструктажа по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Проведение инструктажа по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование места сварки щитами	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок ремонтной сварки	Выпрямитель сварочный ВД-252, полуавтомат ПДГ-525, машинка шлифовальная	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (закрывание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Применение песком, комплекция огнетушителем ОУ-5	Первичные средства для тушения
-	Мобильные средства для тушения
-	Стационарные системы и установки для тушения
-	Пожарная автоматика
-	Пожарное оборудование
Наличие плана эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Наличие лопаты, багра, топора	Пожарный инструмент
кнопка извещения о пожаре	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 3.6 – Организационные и технические мероприятия обеспечения пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Сборка, сварка, контроль	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

В качестве первичного средства тушения пожара применим углекислотный огнетушитель ОУ-5 (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Углекислотный огнетушитель ОУ-5

3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Сборка, сварка, контроль	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	Остатки масла	упаковки от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Ремонтная сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарию.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

4.1. Исходные данные для экономического расчёта

В работе предлагается технология и оборудование для проведения ремонтной сварки металлических конструкций подъёмного крана. Базовая технология ремонта предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектный вариант технологии предлагает произвести замену ручной дуговой сварки на механизированную сварку в углекислом газе, эффективность которой повышена за счёт использования импульсного управления сварочной дугой. Это позволит успешно бороться с получением дефектов сварки и повысит производительность сварки. Также следует ожидать снижения трудоемкости сварки. Затраты по базовой и проектной технологиям рассчитываем на проведение ремонтных работ по исправлению типового дефекта – одиночной трещины протяжённостью 200 мм.

Таблица 4.1 – Исходные данные для экономического расчёта

№	Показатель	Значение по вариантам		Условное обознач.	Единица измерения
		Базовый	Проектный		
1	2	3	4	5	6
1	Количество рабочих смен	2	2	Ксм	-
2	Разряд рабочего	IV	IV	Р.р.	
3	Часовая тарифная ставка	200	200	Сч	Р/час
4	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	12	12	Кдоп.	%
5	Коэффициент доплат к основной заработной плате	1,88	1,88	Кд.	
6	Норма амортизации произв. оборудования	21,5	21,5	На	%
7	Норма амортизации на произв. площади	5	5	На.пл.	%

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
8	Коэффициент отчислений на социальные нужды	34	34	Ксс	%
9	Стоимость эксплуатации произв. площадей	2000	2000	Сэксп.	(Р/м ²)/год
10	Цена приобретения произв. площадей	3000	3000	Цпл.	Р/м ²
11	Произв. площадь, занимаемая произв. оборудованием	20	20	S	м ²
12	Коэф.-т. транспортно-заготовит. расходов	5	5	Кт -з	%
13	Коэф.-т затрат на монтаж и демонтаж	3	5	Кмонт. Кдем.	%
14	Цена произв. оборудования:	14000	27400	Цоб	Руб.
15	Коэффициент, учитывающий доп. произв. площадь	3	3	Кпл.	-
16	Потребляемая мощность	10	40	Муст	кВт
17	Стоимость электр. энергии	1,75	1,75	Цэ-э	Р/ кВт
18	Коэф.-т выполнения нормы	1,1	1,1	Квн	-
19	Коэф.-т полезного действия	0,7	0,85	КПД	-
20	Нормативный коэф. эффективности доп. кап. вложений	0,33	0,33	Ен	-
21	Цеховые расходы	1,5	1,5	Кцех	-
22	Заводские расходы	2,15	2,15	Кзав	-
23	Коэф.-т выполнения нормы	1,03	1,03	Кв	

4.2 Фонд времени работы произв. оборудования

Годовой фонд времени работы произв. оборудования вычисляем по формуле

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.2)$$

где D_p – количество в году рабочих дней;

$D_{п}$ – количество предпраздничных дней;

$T_{п}$ – количество часов, на которые сокращается смена в предпраздничные дни;

$T_{см}$ – продолжительность смены;

C – количество смен.

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Производим вычисление эффективного фонда времени работы произв. оборудования:

$$F_э = F_H \cdot (1 - B/100), \quad (4.3)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

$$F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Время на проведение сварки, годовой программы и коэффициент загрузки произв. оборудования

Производим расчет затрат времени:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.4)$$

где $t_{шт}$ – время заварки одной трещины;

$t_{маш}$ – время выполнения операции сварки;

$t_{всп}$ – время подготовки к работе произв. оборудования – 10%;

$t_{обсл}$ – время обслуживания, текущего и мелкого ремонта – 5%;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – 5%;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – 1%

$$t_{шт. баз.} = 48 + 6 + 6 + 3 + 0,48 = 60,48 \text{ мин} = 1,008 \text{ ч}$$

$$t_{шт. пр.} = 20 + 2 + 2 + 1 + 0,2 = 25,2 \text{ мин} = 0,420 \text{ ч}$$

Вычисляем годовую программу объема ремонтных работ:

$$Пг = Fэ/tшт, \quad (4.5)$$

где $Fэ$ – эффективный фонд времени работы произв. оборудования;
 $tшт$ – штучное время заварки одной трещины

$$Пг.б. = 4108/1,008 = 4000 \text{ в год};$$

$$Пг.пр. = 4108/0,42 = 10000 \text{ в год}.$$

Принимаем для расчетов $Пг = 4000$ в год.

Определение количества произв. оборудования

$$n_{\text{ДАН} \times \text{А}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \dot{I}_{\text{А}}}{F_{\text{У}} \cdot \hat{E}_{\text{А}}}, \quad (4.6)$$

где $t_{шт}$ – штучное время;

$Пг$ – годовая программа выпуска изделий;

$Fэ$ – эффективный фонд времени работы произв. оборудования;

$Квн$ – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{\text{ДАН} \times \text{А}} = \frac{1,008 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,95 \text{ ед.}$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{Б}} = \frac{0,42 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,40 \text{ ед.}$$

В базовой и проектной технологии принимаем одну единицу
 производственного оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки произв. оборудования проводим по
 формуле:

$$Кз = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}, \quad (4.7)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество произв. оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество произв. оборудования

$$Кзб = 0,95/1 = 0,95$$

$$Кзп = 0,40/1 = 0,40$$

4.4 Заводская себестоимость сравниваемых вариантов

Затраты на материалы по базовому и проектному варианту

$$M = \Pi_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.8)$$

где Π_m – стоимость материала;

H_p – норма расхода материала.

$K_{т-з}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

$$M_b = 354,00 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 412,00 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = 78,00 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55,00 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы основных производственных рабочих

Объём фонда заработной платы (ФЗП) состоит из основной и дополнительной заработной платы:

Расчёт основной заработной платы производим по формуле:

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot Кд, \quad (4.9)$$

где $Сч$ – часовая тарифная ставка;

$Кд$ – коэффициент доплат к основной заработной плате

$$З_{осн.баз.} = 1,008 \cdot 200 \cdot 1,88 = 379,00 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 0,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 158,00 \text{ руб.}$$

Расчёт дополнительной заработной платы производим по формуле:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot К_{доп} / 100 \quad (4.10)$$

где $К_{доп}$ – коэффициент, который учитывает наличие отчислений на дополнительную заработную плату

$$З_{доп.баз.} = 379 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ руб.};$$

$$З_{доп} = 158 \cdot 12 / 100 = 19 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП баз.} = 379 + 45 = 424 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП пр.} = 158 + 19 = 177 \text{ руб.}$$

Расчёт отчислений на социальные нужды производим по формуле

$$О_{сс} = \text{ФЗП} \cdot К_{сс} / 100, \quad (4.11)$$

где $К_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды.

$$O_{\text{сс.баз.}} = 424 \cdot 34 / 100 = 144 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сс.пр.}} = 177 \cdot 34 / 100 = 60 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию произв. оборудования

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.12)$$

где $A_{\text{об}}$ – амортизация произв. оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – расходы на электроэнергию;

Амортизация произв. оборудования

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.13)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость произв. оборудования;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизации произв. оборудования.

$$\dot{A}_{\text{а}} \cdot \acute{a} = \frac{14000 \cdot 21,1 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 7,2 \text{ руб.}$$

$$\dot{A}_{\text{а}} \cdot \ddot{i} \cdot \delta = \frac{27400 \cdot 21,1 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 5,9 \text{ руб.}$$

Расчёт расходов на электроэнергию

$$D_{\text{э-э}} = \frac{\beta \cdot \omega \cdot m \cdot \ddot{O}_{\text{э-э}}}{\hat{E} \ddot{I} \ddot{A}} \quad (4.14)$$

где β – коэффициент, учитывающий относительное увеличение удельного расхода энергии в связи с потерями энергии при холостом ходе сварочной установки ($\beta=1,02$);

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия установки;

ω – расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла

($\omega=6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}$);

m – масса наплавленного металла, кг

$$D_{\text{э-э}} \cdot \acute{a} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,616 \cdot 1,75}{0,8} \times 1,3 = 21,2 \text{ руб.}$$

$$D_{\text{э-э}} \cdot \ddot{i} \cdot \delta = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,390 \cdot 1,75}{0,8} = 10,4 \text{ руб.}$$

$$З_{об.баз.} = 7,2 + 21,2 = 28,4 \text{ руб.}$$

$$З_{об.пр.} = 5,9 + 10,4 = 16,3 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию произв. площадей

$$З_{ПЛ} = Р_{ПЛ} + А_{ПЛ}, \quad (4.15)$$

где $Р_{ПЛ}$ – расход на эксплуатацию и содержание произв. площадей;

$А_{ПЛ}$ – амортизация произв. площадей.

Расход на содержание произв. площадей

$$D_{I\ddot{E}} = \frac{\tilde{N}_{\dot{Y}\ddot{E}\tilde{N}\ddot{I}\ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\emptyset\ddot{O}}}{F_{\dot{Y}}}, \quad (4.16)$$

где $С_{ЭКСПЛ}$ – затраты на содержание произв. площадей

S – произв. площадь, занимаемая произв. оборудованием.

$$D_{I\ddot{E}\dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108} = 9,8 \text{ руб.}$$

$$D_{I\ddot{E}\dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108} = 4,1 \text{ руб.}$$

Амортизация произв. площади

$$A_{I\ddot{E}} = \frac{\ddot{O}_{I\ddot{E}} \cdot \dot{I} \dot{a}_{I\ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\emptyset\ddot{O}}}{F_{\dot{Y}} \cdot 100}, \quad (4.17)$$

где $Н_{АПЛ}$ – норма амортизации произв. площади;

$Ц_{ПЛ}$ – стоимость приобретения произв. площадей

$$\dot{A}_{I\ddot{E}\dot{A}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 7,3 \text{ руб.}$$

$$\dot{A}_{I\ddot{E}\dot{I}\ddot{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 3,2 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛ.Баз} = 9,8 + 7,3 = 17,1 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛ.Пр.} = 4,1 + 3,2 = 7,3 \text{ руб.}$$

Расчёт технологической себестоимости

$$С_{ТЕХ} = М + \Phi ЗП + Осс + З_{об} + З_{ПЛ} \quad (4.18)$$

$$С_{ТЕХ.Баз.} = 412 + 424 + 144 + 28,4 + 17,1 = 1025 \text{ руб.}$$

$$С_{ТЕХ.Пр.} = 55 + 177 + 60 + 5,79 + 4,40 = 316 \text{ руб.}$$

Расчёт цеховой себестоимости

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов

$$C_{\text{ЦЕХ.Баз}} = 1025 + 1,5 \cdot 379 = 1025 + 569 = 1595 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХ.Пр.}} = 316 + 1,5 \cdot 158 = 316 + 237 = 553 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.20)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов

$$C_{\text{ЗАВ.Баз}} = 1595 + 2,15 \cdot 379 = 569,6 + 815 = 2410 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВ.Пр.}} = 553 + 2,15 \cdot 158 = 553 + 340 = 893 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости ремонтной сварки

Таблица 4.2 – Калькуляция заводской себестоимости

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			Базов.	Проект.
1	Материалы	М	412	55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	424	177
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	144	60
4	Расходы на произв.	Зоб	28,4	16,3
5	оборудование	Зпл	17,1	7,3
	Затраты на произв. площади			
	Себестоимость технологич.	Стех	1025	316
6	Расходы цеховые	Рцех	569	237
	Себестоимость цеховая	Сцех	1595	553
7	Расходы заводские	Рзав	815	340
	Себестоимость заводская	Сзав	2410	893

4.6 Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии

Расчёт показателя снижения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.21)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,008 - 0,42}{1,008} \cdot 100\% = 58,3\%$$

Расчёт показателя повышения производительности труда

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.22)$$

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 58,3}{100 - 58,3} = 140\%$$

Расчёт показателя снижения технологической себестоимости

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.23)$$

$$\Delta \tilde{N}_{\text{шт}} = \frac{1025 - 316}{1025} \cdot 100\% = 69\%$$

Расчёт условно-годовой экономии

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{ЗавБ}} - C_{\text{ЗавПР}}) \cdot П_{\text{Т}} \quad (4.24)$$

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (2410 - 893) \cdot 4000 = 6068000 \text{ руб.}$$

Расчёт срока окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{у.г.}}} \quad (4.25)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{400000}{6068000} = 0,07 \text{ года}$$

Расчёт годового экономического эффекта в сфере производства

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.26)$$

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 6\,068\,000 - 0,33 \cdot 400000 = 5936000 \text{ руб.}$$

4.7 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы был произведён расчет технологической и заводской себестоимости при осуществлении ремонтной сварки кранов по базовой и проектной технологиям.

Внедрение предлагаемых проектных решений в производство позволяет снизить трудоемкость на 58 %, повысить производительность труда на 140 %, снизить технологическую себестоимость на 82 %. Ожидаемая условно-годовая экономия при сварке будет равна 6 млн. руб.

Внедрение предлагаемых решений позволит получить годовой экономический эффект, составляющий 5,936 млн. руб. Необходимые дополнительные капитальные вложения 400 тыс. руб. будут окуплены через 0,5 лет.

Следовательно, можно сделать вывод, что предлагаемая технология ремонтной сварки экономически эффективна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель – повышение качества и производительности ремонтной сварки мостовых кранов. Использование в базовой технологии ремонта ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки:

- 1) низкую производительность;
- 2) малую стабильность качества, зависящую от квалификации сварщика, большое число возникающих дефектов.

При анализе возможных способов ремонтной сварки рассматривались преимущества и недостатки ручной дуговой сварки, сварки неплавящимся электродом и механизированной сварки в углекислом газе. В проектной технологии предложена к использованию механизированная сварка в углекислом газе.

Повышение производительности механизированной сварки может быть достигнуто при увеличении плотности тока, однако это сопровождается разбрызгиванием металла и существенным падением качества шва. На основании литературных исследований в работе предложено применить импульсное управление сварочной дугой. Анализ источников научно-технической информации позволил предложить способ, повышающий эффективность механизированной сварки в защитных газах.

Внедрение предлагаемых решений позволит получить годовой экономический эффект, составляющий 5,936 млн. руб. Необходимые дополнительные капитальные вложения 400 тыс. руб. будут окуплены через 0,5 лет.

На основании вышеизложенного цель проекта считается достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвин, П. В. Разработка методики прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций с использованием датчиков деформации интегрального типа на примере мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06, 05.02.11 / Павел Викторович Москвин. – Челябинск: Курганский гос. ун-т. – 2007.

2. Котельников, В.В. Разработка методики теплового контроля и диагностики технического состояния металлоконструкций мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.11 / Владимир Владимирович Котельников. – Москва: Московский гос. тех. ун-т. им. Н. Э. Баумана. – 2009.

3. Нургужин, М. Р. Разработка методологических основ расчета характеристик живучести крановых металлоконструкций: дис. ... док. техн. наук. – Караганда: Карагандинский гос. тех. ун-т. – 1999.

4. РД 24.090.52-90. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций : М.: ОАО ВНИИПТМАШ – 1990. 42с.

5. РД 10-397-01. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений : М.: утв. Постановлением ГГТН РФ. - 2001. - № 2. - 21с.

6. РД 03-246-98. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: М.: утв. Постановлением ГГТН РФ. - 1998. -Вып. 2.-№64.- 19 с.

7. Гохберг, М. М. Усталостные разрушения в металлических конструкциях кранов / М. М. Гохберг, В. П. Семенов // Тр. ЛПИ. – 1954. - Вып. 3. – с. 110–118.

8. Короткий, А. А. Техническая экспертиза аварии мостового крана / А. А. Короткий, А. С. Логвинов, А. Н. Павленко, М. Н. Хальфин. – Новочеркасск: НПИ, 1993.

9. Справочник по кранам: В 2т. Т.1. Под общ. ред. А. И. Дукельского. – Л.: Машиностроение, 1971. – 400 с.

10. СТО 24.09-5821-01-93 Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций. Изд-во стандартов, 1993.

11. Павленко, А. Н. Количественная оценка риска эксплуатации мостовых кранов по их фактической нагруженности : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05 / Андрей Николаевич Павленко. – Новочеркасск: Южно-Российский гос. техн. ун-т. – 1999.

12. Концевой, Е. М. Ремонт крановых металлоконструкций / Е. М. Концевой, Б. М. Розенштейн. – М.: Машиностроение, 1979. – 206 с.

13. Яхнин, Р. Н. Ремонт металлоконструкций мостовых кранов / Р. Н. Яхин. – Л.: Металлургия, 1990. – 96 с.

14. Сварка и резка материалов: Учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин [и др.]; под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.

15. Технология и произв. оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.

16. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.

17. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и д.р.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Ключев [и д.р.]; под общ. Ред. В.В. Ключева – 1996, 464 с.

18. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Олышанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.

19. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

20. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

21. Лебедев, В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи проволоки и ее плавления при сварке с короткими замыканиями / В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.

22. Верёвкин, А.А. Повышение эффективности сварки в СО₂ неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул: Томский политехнический университет. – 2010.

23. Гецкин, О. Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чебоксары: НПП «Технотрон». – 2010.

24. Патент СССР 1064555 Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка

25. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

26. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

27. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

28. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

29. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

30. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

31. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.