

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 «Технология восстановления колеса тележки мостового крана»

Студент	<u>А.В. Ковалев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>Г.М. Короткова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

АННОТАЦИЯ

Специальные технологические краны служат для подъема и перемещения определенных грузов: (слитков, рельсов, сортового проката, листового металла, труб, ковшей с жидким металлом, скрапа, сыпучих тел) или для выполнения специальных операций.

В настоящий момент не произведена унификация деталей и узлов кранов. При эксплуатации кранового оборудования каждому предприятию приходится самостоятельно решать проблему запасных частей. Главным образом производят восстановительную наплавку изношенных поверхностей и изготовление новых колёс в ремонтной службе предприятия.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления крановых колёс за счёт внедрения прогрессивных технологий наплавки.

В работе решены следующие задачи: 1) разработать технологический процесс восстановительной наплавки крановых колёс; 2) предложить оборудование для реализации проектной технологии; 3) произвести экспертизу предлагаемых технических решений на предмет обеспечения безопасности труда персонала; 4) произвести экономическую оценку эффективности внедрения предлагаемых технологических решений в производство.

При анализе известных способов восстановительной наплавки были рассмотрены: ручная дуговая наплавка штучными электродами, наплавка под слоем флюса, механизированная наплавка в защитных газах проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками, электрошлаковая наплавка. Принято решение применить наплавку под флюсом.

Пояснительная записка состоит из 60 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Раздел 1 – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ КРАНОВЫХ КОЛЁС	
1.1 Сведения о подлежащем восстановлению изделии	7
1.2 Свойства материала изделия и оценка его свариваемости	10
1.3 Анализ научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки крановых колёс	11
1.4 Выбор способа восстановительной наплавки	13
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	21
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ КРАНОВЫХ КОЛЁС	
2.1 Выбор оптимальных параметров восстановительной наплавки	22
2.2 Выбор и описание наплавочных материалов	24
2.3 Оборудование для проведения восстановительной наплавки	24
2.4 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки	37
2.5 Повышение эффективности операции наплавки	39
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	36
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	37
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	38
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого	

технологического объекта	39
3.6 Заключение по экологическому разделу	41
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	42
4.2 Расчет эффективного фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	45
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	46
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	51
4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии	51
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	54
4.8 Выводы по экономическому разделу	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время возрастает актуальность к использованию восстановленных деталей при ремонте автомобильной, сельскохозяйственной техники и промышленного оборудования. Главной задачей реновации является восстановление рабочего ресурса изделия и повышения качества поверхности для дальнейшего использования. В материально-техническом производстве, на данный момент, значительную роль играют подъемно-транспортное машиностроение, которое решает задачу по широкому внедрению комплексной механизации и автоматизации во всех областях хозяйствования. Это является основой повышения эффективности производства и производительности выполнения основных и вспомогательных операций в производственных процессах. Технологический процесс любого производства связан с перемещением огромного количества грузов, от сырья до готовой продукции. На 1 тонну готовой продукции требуется 10...100 тонн сырья, которое транспортируется и складировается различными видами подъемно-транспортной техники.

На металлургических и машиностроительных заводах предприятия тяжёлого машиностроения включены в основную цепь технологического процесса, как основное оборудование, обеспечивающее механизацию и автоматизацию технологических операций и ремонтные работы. Для этого металлургические цеха оснащают нормальными и специальными мостовыми и полукозловыми кранами. Специальные технологические краны служат для подъема и перемещения определенных грузов: (слитков, рельсов, сортового проката, листового металла, труб, ковшей с жидким металлом, скрапа, сыпучих тел) или для выполнения специальных операций.

В восьмидесятые годы общее производство кранов в СССР составляло 6...7 тысяч в год, а после 2000 года стабилизировалось на уровне 1,0...1,5 тысяч в год. Несмотря на ограничения, оговоренные в ГОСТ 28448-90 «Краны консольные электрические передвижные. Типы» и ГОСТ 28648-90

«Колёса крановые. Технические условия», количество типов кранов и разновидностей технических решений их узлов, особенно колёс, насчитывает сотни наименований. При этом каждый краностроительный завод работает по нормам собственной разработки. В настоящий момент не произведена унификация деталей и узлов кранов. При эксплуатации кранового оборудования каждому предприятию приходится самостоятельно решать проблему запасных частей. Главным образом производят восстановительную наплавку изношенных поверхностей и изготовление новых колёс в ремонтной службе предприятия.

Наплавка является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов восстановления изношенных деталей или придания особых свойств новым деталям. Нанесение на их повреждаемые поверхности слоев металла специального легирования обеспечивает высокую стойкость к различным видам изнашивания. При наплавке нередко соединяют разнородные материалы, один из которых, как правило, удовлетворительно или плохо сваривается и имеет пониженную трещиностойкость.

Для борьбы с трещинами применяют наплавку подслоя из пластичных сталей, а также предварительный и сопутствующий подогрев, при этом после наплавки необходимо обеспечить замедленное охлаждение детали. Указанные меры требуют дополнительных материальных и энергетических затрат, кроме того, рост цен на энергоносители снижает эффективность применения наплавки.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления крановых колёс за счёт внедрения прогрессивных технологий наплавки.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ КРАНОВЫХ КОЛЁС

1.1 Сведения о подлежащем восстановлению изделии

При эксплуатационном нагружении крановых колес происходят периодические резкие скачки амплитудного напряжения в момент прохождения стыков, крестовин и неровностей, которые присутствуют на рельсах. Дополнительные нагрузки возникают также из-за наличия на поверхности катания неровностей. Под воздействием высокого нагрева верхних слоев и быстрого их охлаждения при выходе из зоны контакта происходят структурные изменения металла колеса. Возникновение нормальных и касательных усилий, температурных нагрузок, структурных превращений на участках поверхности катания крановых колёс имеет большую частоту циклов. Это приводит к износу, пластическим деформациям и появлению различных видов контактных усталостных повреждений (рис. 1.1). Образующиеся дефекты и скорость нарастания износа крановых колёс зависят от большого числа факторов, к которым следует отнести условия эксплуатации, химический состав и механические свойства основного и наплавленного металлов, размер колеса, качество формирования наплавленной поверхности, время года, климатические условия и т.д.



Рисунок 1.1 - Виды износа ходовых колес портального крана: а - отслоение поверхности катания, деформация реборды; б - разрушение колеса

Сокращение срока службы рельсового пути происходит по причине несоответствия твёрдости дорожки катания и реборды кранового колеса. Этот факт необходимо учитывать при проектировании процессов восстановления крановых колес. Неравномерность приложения нагрузки (при консольном нагружении) и износа колёс приводит к значительной разнице в диаметрах крановых колёс на рельсовом пути. Это вызывает перекосы крана и повышение интенсивности износа реборд колёс и боковых граней рельсов. По этой причине крайне желательно осуществлять одновременное восстановление всего комплекта колес. Существенно влияют на износ подкранового пути и колёсных реборд величина монтажного перекоса крановых колёс относительно рельсов и друг друга.

Крановое колесо обычно служит от нескольких лет до нескольких месяцев. Срок службы реборд зависит от твердости поверхности и точности установки колёс на тележке крана. При высокой твердости реборд происходит повышение срока службы кранового колеса до его ремонта или замены. Однако при этом может происходить интенсивный износ головки подкранового рельса. Среди факторов, которые определяют износ, следует обозначить, во-первых, химический состав; во-вторых, характер упрочняющей (в первую очередь, термической) обработки; в-третьих, структуру и физико-механические свойства наплавленного слоя.

Нормативный срок службы колеса крана определяется по ГОСТ 28648-90. На основании этого документа определяется срок эксплуатации колес: «Эксплуатация крановых колес допустима при величине износа их реборд не более 50% от первоначального значения толщины и/или поверхности катания не более 1,15% первоначального диаметра».

Помимо требований на эксплуатацию крановых колес, установленных вышеуказанным ГОСТом, на производстве существуют предельные нормы выбраковки, связанные с правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Запрещается эксплуатация кранов, если:

- трещины, отколы любых размеров на ребордах и в диске;

- износ реборды составляет более 50% от первоначальной толщины;
- износ поверхности катания более 2% от первоначального диаметра.

На многих предприятиях для восстановления изношенных деталей до сих пор применяют ручную электродугую наплавку штучными электродами или механизированную электродугую наплавку порошковыми проволоками. Электродугую наплавку деталей выполняют, как правило, в несколько слоёв, что ведет к перерасходу наплавочных материалов и увеличению продолжительности процесса наплавки.

1.2 Свойства материала изделия и оценка его свариваемости

Для изготовления крановых колёс должна применяться сталь марки 75 или 65Г в соответствии с ГОСТ 14959. Допустимо изготавливать колеса из стали марки 2 в соответствии с ГОСТ 10791. Также в механизмах с группой режима работы от 1М до 3М в соответствии с ГОСТ 25835 крановые колёса могут быть изготовлены из других марок сталей, механические характеристики которых не ниже чем стали марки 30 в соответствии с ГОСТ 1050.

Рассматриваемое крановое колесо изготавливается из стали 30. Ремонтная сварка и наплавка изделий из стали 30 должна производиться с использованием предварительного подогрева.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 30, ГОСТ 1050-84

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,27 – 0,35	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C материала сталь 30

Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
Прокат	490	295	21	50

1.3 Анализ научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки крановых колёс

В ходе выполнения курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований» были рассмотрены научно-технические работы в области восстановительной наплавки.

В первой работе [19] проведена количественная оценка влияния различных факторов на эффективность восстановления профиля колеса наплавкой, и в частности, после отжига поверхности катания, упрочненной в процессе эксплуатации. Эффективность восстановления профиля колес повышается путем использования отжига поверхности катания, многоэлектродной наплавки и термообработки наплавленного и обточенного колеса.

Во второй работе [20] показана актуальность упрочняющих технологий применительно у поверхности качения колес. Произведён анализ традиционной ремонтной технологии при восстановлении шеек осей колесных пар железнодорожных вагонов и сформулированы его недостатки. Проектная технология ремонтной наплавки предусматривает использование лазерной наплавки и лазерной термической обработки. Представлены результаты по опытно-промышленному внедрению рекомендуемых технологических решений в ремонтной службе вагонного депо.

В третьей работе [21] исследовано влияние способов автоматической дуговой наплавки на проплавление основного металла, качество формирования и геометрические размеры наплавленных валиков. В экспериментах использовали девять партий порошковых проволок. Установлено, что наибольшее влияние на формирование наплавленных валиков оказывает напряжение дуги. При этом диапазон значений напряжений, при котором обеспечивается хорошее формирование наплавленных валиков и отсутствие пор, не совпадает при наплавке разными способами проволокой одного диаметра. Результаты, полученные в данной

работе, могут быть использованы при выборе способа дуговой наплавки, режимов наплавки, которые в наибольшей степени удовлетворяют условиям эксплуатации и требованиям к наплавленному металлу для конкретных деталей.

В четвёртой [4] работе показана эффективность наплавки крановых колёс с применением порошковой проволоки.

В пятой работе [22] исследовалось влияние сварочных материалов и режимов термообработки на свойства наплавленных крановых колёс. Установлены параметры предварительного подогрева изделий, позволяющие предотвратить образование закалочных структур в наплавленном слое. Предложена технология наплавки, обеспечивающая повышение долговечности наплавленного кранового оборудования.

В шестой работе [28] рассматриваются результаты исследований при влиянии различных параметров импульсной подачи электродной проволоки для операции электродуговой наплавки в CO_2 на условие формирования валика наплавленного металла, износостойкость и потери электродного металла. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных при постоянной и импульсной подаче электродной проволоки. Установлено что при изменении скорости подачи электродной проволоки при постоянном энергетическом воздействии процесса наплавки эффективно формируется наплавленный валик, улучшается износостойкость и уменьшается количество потерь металла электрода. Данный результат достигается за счет изменения кинематических условий переноса электродного металла с торца электрода через дуговой промежуток в ванну жидкого металла.

Результаты указанной работы будут использованы при анализе состояния вопроса и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать наплавку в защитных газах.

1.4 Выбор способа восстановительной наплавки

Ручная дуговая наплавка штучными электродами

В числе преимуществ наплавки с применением штучных электродов (рис. 1.3) следует отметить: во-первых, гарантированное качественной шлаковой защиты сварного шва при условии равномерного плавления металла электрода и обмазки; во-вторых, возможность легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

Наплавка в среде защитных газов

Механизированные способы дуговой наплавки (рис. 1.4) в защитных газах получили широкое распространение и постоянно совершенствуются. Во многих опубликованных работах представлены достаточно значимые результаты по указанным процессам.

Наиболее распространена наплавка в углекислом газе с применением плавящегося электрода, которая ведётся на постоянном токе обратной полярности. Поскольку углекислый газ окисляет расплавленный металл, необходимо введение в наплавочную проволоку раскислителей (марганца, кремния и др.).

В качестве недостатка способа следует отметить сильное разбрызгивание электродного металла, которое приводит к налипанию брызг расплавленного металла на мундштук и засоряет сопло горелки.

В настоящее время выполнен ряд разработок в данной области с использованием современных компьютеризованных электроприводов на основе вентильных электродвигателей специальной разработки. В частности,

это позволило реализовать практически любой алгоритм движения электродной проволоки, включая реверсивное движение с регулированием всех составляющих, а именно: частота, шаг, амплитуда импульсов, а также скважность. При этом достигнут частотный диапазон, превышающий 50 Гц. Расширенные технические характеристики новых систем подачи электродной проволоки дали возможность существенно продвинуть исследования в части управления геометрическими характеристиками сварного соединения, оптимизации энергетических затрат и потерь электродного металла [9, 23].

Применение аустенитных сварочных материалов и невысоких погонных энергий, характерных для наплавки в защитных газах, позволяет значительно снизить склонность наплавленных соединений к образованию холодных трещин в ОШЗ. Однако аустенитные швы склонны к образованию горячих трещин [24]. Технологическая прочность швов может быть повышена с использованием технологических и металлургических методов, которые обеспечат получение двухфазной структуры в центре шва и формирование аустенитного подслоя по границе сплавления.

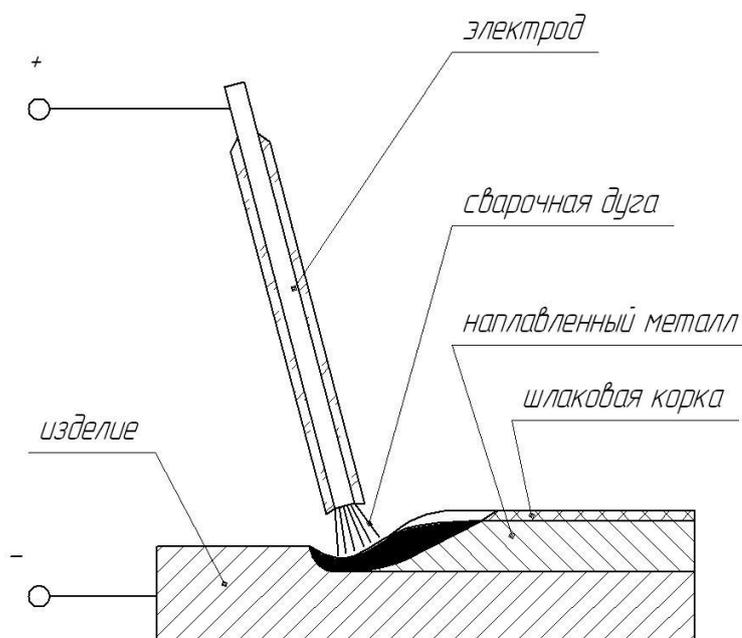


Рисунок 1.3 – Схема ручной дуговой наплавки покрытым электродом

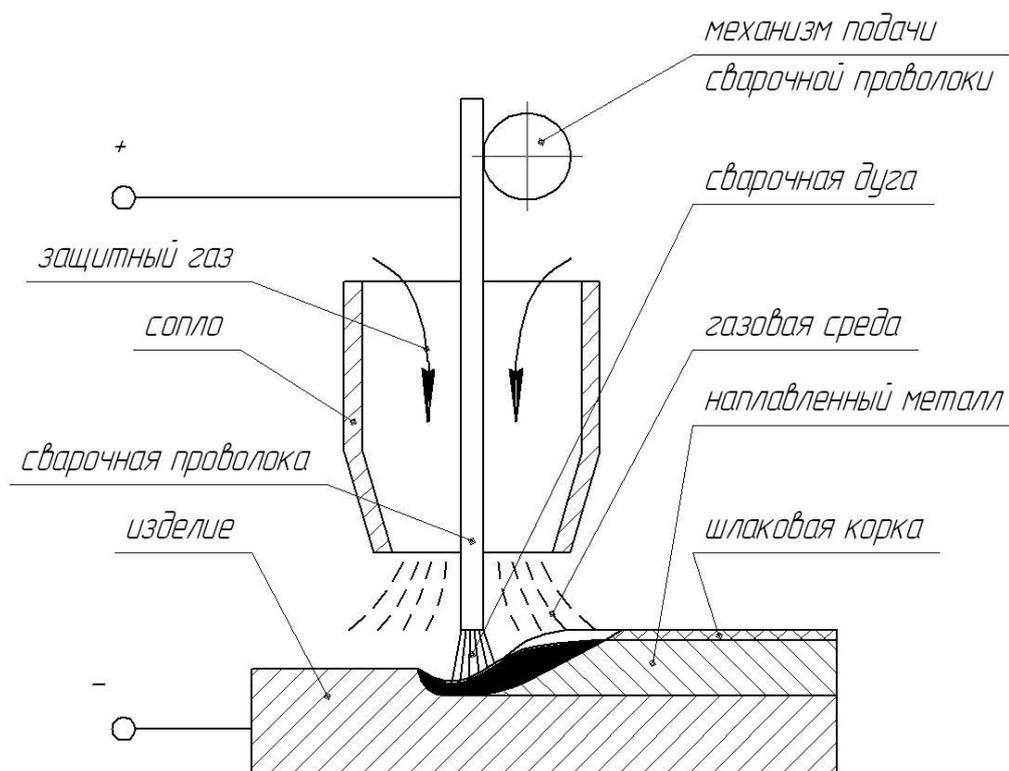


Рисунок 1.4 – Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

Способ автоматической наплавки в среде защитных газов аустенитной проволокой с дополнительной горячей присадкой (ДГП) [25] обеспечивает все вышеперечисленные условия. Т.е. основная проволока формирует аустенитный подслоя в сварочной ванне, а ДГП формирует двухфазную структуру в центре шва, предотвращая появление горячих трещин.

Способ осуществляется следующим образом.

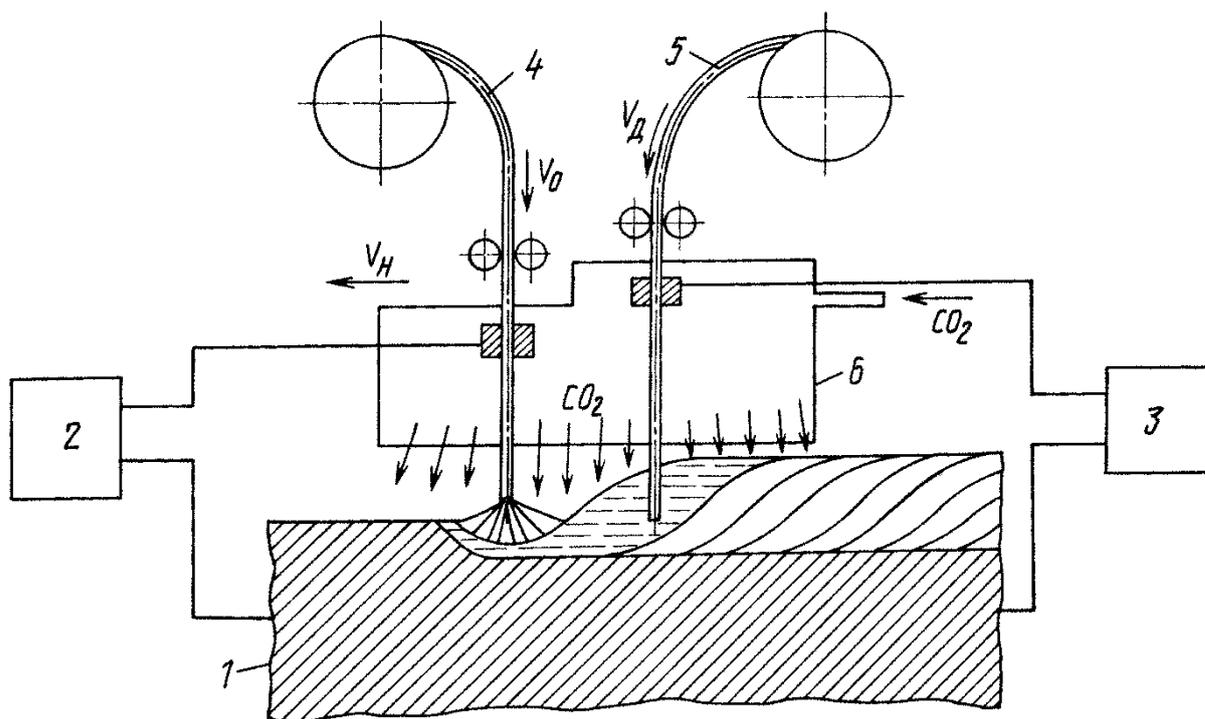
Наплавку осуществляют при подаче основной проволоки аустенитного класса в среде защитного газа (двуокиси углерода) или смеси защитных газов (двуокиси углерода и аргона).

В кристаллизующуюся часть наплавочной ванны подается дополнительная присадка на расстоянии от основной проволоки $B = (0,3 \dots 0,5)L$, где L - длина наплавочной ванны, в количестве $0,2 \dots 0,4$ от массы основной проволоки. При этом дополнительная присадка нагревается на вылете до температуры, близкой к температуре плавления. Нагрев дополнительной присадки производится для лучшего усвоения присадки в ванне и обеспечения необходимого термического цикла наплавки.

Нагрев дополнительной присадки осуществляется от специализированного источника энергии, обеспечивающего постоянство подводимой мощности к присадке и ограничивающего напряжение для гарантированного отсутствия дугового разряда между присадочной проволокой и сварочной ванной, т.к. при возникновении дугового разряда между ванной и ДПП также отсутствует структура переменного состава шва.

Одновременно применение аустенитного наплавленного металла позволяет получить повышение износостойкости колесных пар за счет эффекта поверхностного наклепа аустенитного слоя в процессе эксплуатации.

Предлагаемый способ обеспечивает гарантированный запас технологической прочности при наплавке поверхностей катания, в т.ч. гребней колесных пар из низколегированной высокоуглеродистой стали с содержанием углерода не менее 0,55.



1 – изделие; 2 – источник питания основной дуги; 3 – источник нагрева дополнительной сварочной проволоки; 4 – основная сварочная проволока; 5 – дополнительная сварочная проволока

Рисунок 1.5 – Способ восстановления наплавкой поверхности качения [25]

Наплавка под флюсом

В сравнении с наплавкой в защитных газах, наплавку под флюсом можно характеризовать возможностью повышения производительность, снижения до минимума (0,5...3%) значения коэффициента потерь электродного металла на угар и разбрызгивание. Кроме этого, при горении закрытой дуги нет необходимости применять какие-либо дополнительные средства защиты от излучения дуги, брызг и возможного выплёскивания металла из сварочной ванны.

При проведении наплавки под флюсом (рис. 1.6) происходит горение дуги между изделием и электродной проволокой. При этом на поверхности изделия образуется ванна с расплавленным металлом. Толстый слой сыпучего флюса наносят на участок детали, который необходимо подвергнуть наплавке. При горении дуги происходит частичное расплавление флюса, дуга горит внутри полости, которая образуется эластичной оболочкой из расплавленного флюса – шлаком. Шлак (расплавленный флюс) надёжно защищает расплавленный и перегретый металл от окисления под действием кислорода, содержащегося в воздухе. Также следует отметить существенное повышение экономичности наплавки под флюсом за счёт предотвращения разбрызгивания электродного металла и повышения эффективного КПД из-за сохранения тепла дуги. В процессе затвердевания металла образующийся наплавленный валик, остаётся покрытым шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом, что улучшает защиту.

Наплавка под флюсом с успехом используется при восстановлении колёсных пар железнодорожного состава, изготовленных из той же стали, что и крановые колёса [26, 27]. Наплавку осуществляют с помощью установки, показанной на рис. 1.7.

Установка включает две стойки 1, смонтированные на станине 2, при этом одна из стоек имеет возможность перемещаться навстречу другой с помощью привода. На стойках установлены центры 3 вращателя (вагонной

колесной пары); центр, размещенный на подвижной стойке, снабжен пинолью 4 и приводом 5. На стороне каждого центра вращателя закреплены на стойке автомат дуговой сварки 6 и бункер для флюса 7, размещен подогревающий источник, выполненный, например, в виде газовой форсунки 8. Для подачи и установки колесной пары 9 соосно с центрами вращателя имеются эстакада и пневматический подъемник 10.

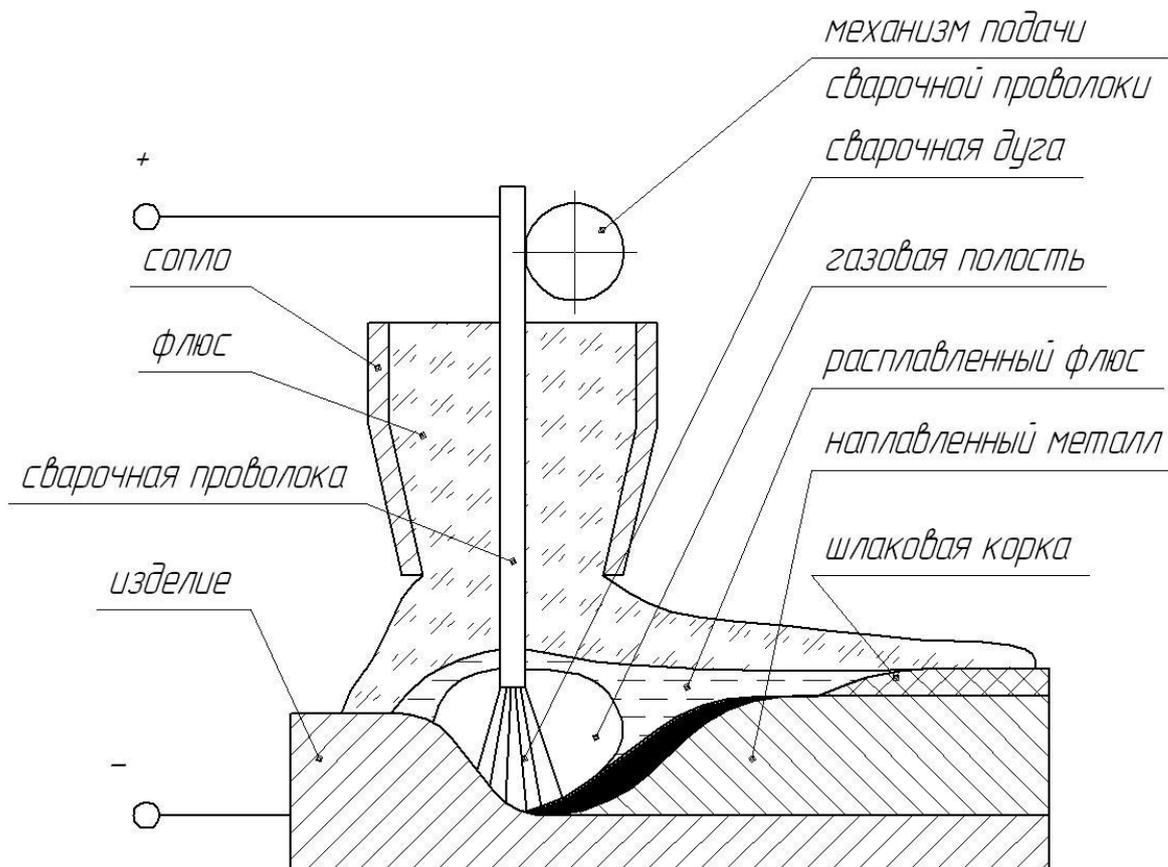
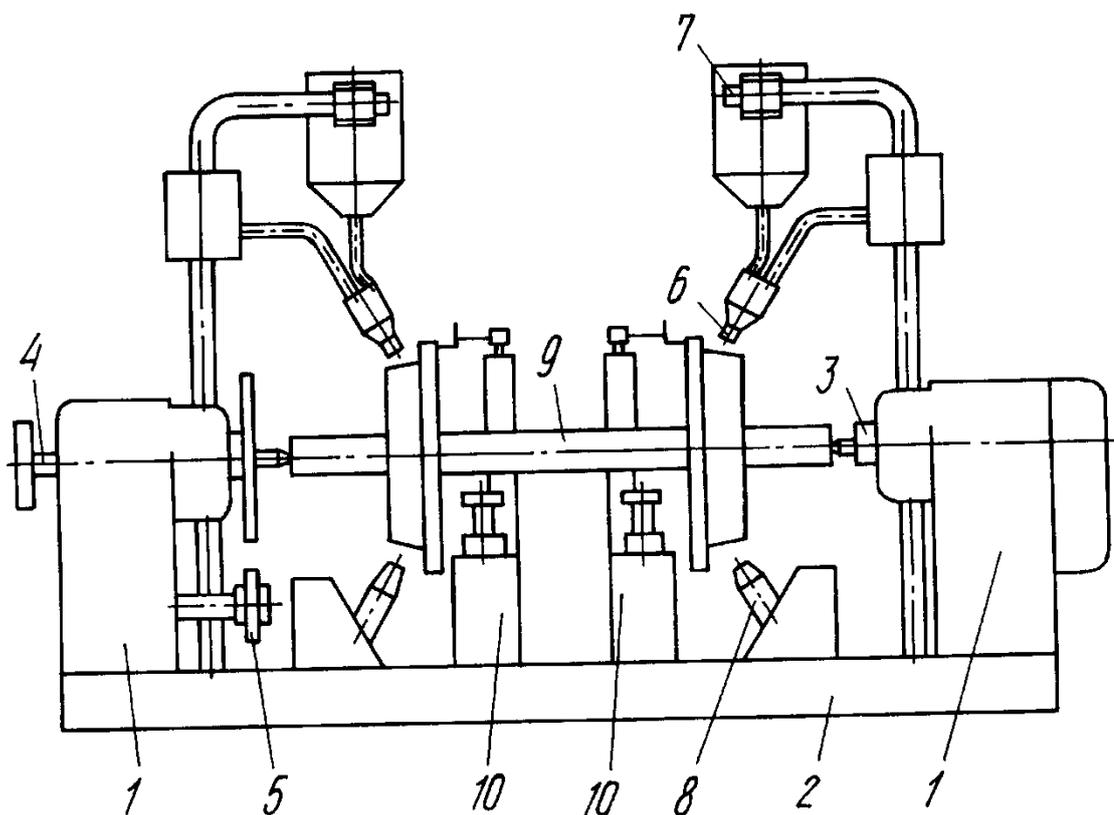


Рисунок 1.6 – Схема наплавки под флюсом



1 – стойка; 2 – станина; 3 – центры вращателя; 4 – пиноль; 5 – привод;
 6 – автомат дуговой сварки; 7 – бункер для флюса; 8 – подогревающий
 источник; 9 – колёсная пара; 10 – подъёмник

Рисунок 1.7 – Установка для наплавки гребней колёс

Электрошлаковая наплавка

При электрошлаковой наплавке (рис. 1.8) полость, которая образована наплавляемой поверхностью 1 и кристаллизатором с водяным охлаждением 2, подают присадочный материал 3. Ток через жидкий шлак 5 проходит между электродом и наплавляемым металлом 4. Протекание тока способствует поддержанию высокой (до 2000 °С) температуры и электропроводности шлака. Нагретый шлак плавит присадочный материал и кромки изделия. Плавящийся металл опускается ко дну шлаковой ванны, кристаллизуется, и образует наплавленную поверхность.

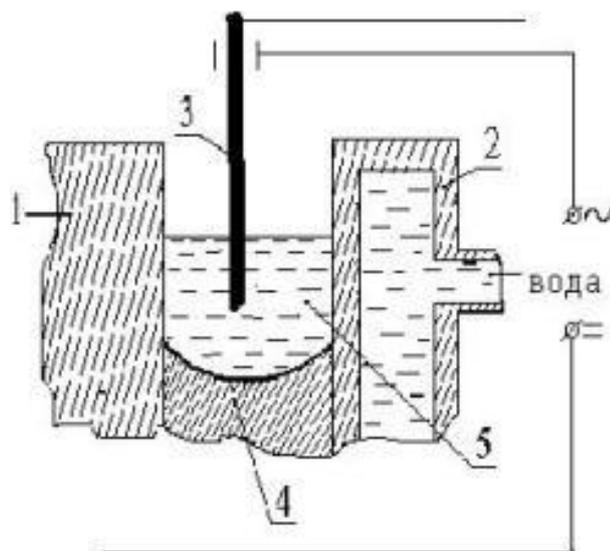


Рисунок 1.8 – Схема электрошлаковой наплавки

В числе преимуществ электрошлаковой наплавки:

- высокая устойчивость процесса, которая мало зависит от рода тока, малая чувствительность к кратковременному изменению величины тока наплавки;
- высокая производительность;
- значительная экономичность процесса (требуется приблизительно на 15...20% энергии, чем при дуговой сварке);
- нет необходимости проводить подготовку поверхности наплавляемых деталей;
- хорошая защита сварочной ванны от действия воздуха;

В числе недостатков:

- формирование наплавленной поверхности только в вертикальном положении;
- недопустимо прерывать процесс наплавки до его окончания;
- требуется проектировать и изготавливать специальную технологическую оснастку для формирования шва;
- получение крупнозернистой структуры металла шва и зоны термического влияния.

1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления крановых колёс за счёт внедрения прогрессивных технологий наплавки.

При анализе известных способов восстановительной наплавки были рассмотрены: ручная дуговая наплавка штучными электродами, наплавка под слоем флюса, механизированная наплавка в защитных газах проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками, электрошлаковая наплавка. Принято решение применить наплавку под флюсом.

На основании изучения состояния вопроса можно сформулировать задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) разработать технологический процесс восстановительной наплавки крановых колёс;
- 2) предложить оборудование для реализации проектной технологии;
- 3) произвести экспертизу предлагаемых технических решений на предмет обеспечения безопасности труда персонала;
- 4) произвести экономическую оценку эффективности внедрения предлагаемых технологических решений в производство.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ КРАНОВЫХ КОЛЁС

2.1 Выбор оптимальных параметров восстановительной наплавки

Величину сварочного тока $I_{св}$ выбираем такой, чтобы обеспечить получение провара на необходимую глубину при наплавке:

$$I_{\text{н\grave{a}}} = \frac{\pi \cdot d_y^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 60 = 180 \text{ А} \quad (2.1)$$

где d_3 – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 2 мм;

a – плотность тока, А/мм², принимаем из диапазона 50...60 А/мм² (для обеспечения малого проплавления основного металла)

Таблица 2.1 – Параметры режима восстановительной наплавки

Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость наплавки, м/ч
2	170 – 180	25 – 27	35

Рассчитываем скорость подачи проволоки (мм/ч):

$$V_i = \frac{4 \cdot \alpha_\delta \cdot I_{\text{н\grave{a}}}}{\pi \cdot d_{\text{э\grave{е}}}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 180}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,0078} = 88000 \text{ мм/ч} \quad (2.2)$$

где α_p - коэффициент расплавления электродной проволоки, при автоматической наплавке на постоянном токе обратной полярности величина α_p изменяется незначительно и может быть принято $\alpha_p = 12 \text{ г} \cdot \text{А/ч}$.

γ - удельная масса наплавленного металла, равная $\gamma = 0,0078 \text{ г/мм}^3$;

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электродной проволоки, мм, принято $d_{\text{эл}} = 2 \text{ мм}$.

Рассчитываем скорость наплавки:

$$V_{\dot{i}\dot{i}} = \frac{F_{\dot{y}} \cdot V_{\dot{i}}}{F_{\dot{i}\dot{i}}} = \frac{3,14 \cdot 88}{7,8} = 35 \text{ м/ч} \quad (2.3)$$

где $F_{\dot{y}}$ - площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²:

$$F_{\dot{y}} = \frac{\pi \cdot d_{\dot{y}\dot{e}}^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2 \quad (2.4)$$

$F_{\dot{i}\dot{i}}$ - поперечное сечение валика наплавленного металла, мм²:

$$F_{\dot{i}\dot{i}} = h \cdot S \cdot k_1 = 2 \cdot 6 \cdot 0,65 = 7,8 \text{ мм}^2 \quad (2.5)$$

где h - заданная толщина наплавленного слоя, 2 мм;

S - шаг наплавки, мм: $S = (2,5 \div 4) \cdot d_{\dot{y}\dot{e}} = 3 \cdot 2 = 6$;

k_1 - коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения слоя от площади прямоугольника, $k_1=0,6-0,7$.

Определяем напряжение на дуге в зависимости от диаметра электродной проволоки и величины сварочного тока по формуле:

$$U_{\dot{A}} = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{\dot{n}\dot{a}}}{\sqrt{d_{\dot{y}\dot{e}}}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{\sqrt{2}} \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В} \quad (2.6)$$

Определим расход электродной проволоки:

$$Q_{\dot{y}\dot{i}} = (1,02 + 1,03) \cdot Q_{\dot{i}} = 2,05 \cdot 343,9 = 705 \text{ г} \quad (2.7)$$

где $Q_{\dot{n}}$ - масса наплавленного металла,

$$Q_{\dot{i}} = V_{\dot{i}} \cdot \gamma = 44065,6 \cdot 0,0078 = 343,9 \text{ г}$$

$V_{\dot{n}}$ - объём наплавленного металла,

$$V_{\dot{i}} = F_{\dot{i}\dot{i}} \cdot l \cdot m \cdot n = 7,8 \cdot 408 \cdot 6 \cdot 2 = 38188,8 \text{ мм}^3 \quad (2.8)$$

где l - длина наплавленного валика, 408 мм;

m - количество швов с учётом шага наплавки, 6;

n - количество слоёв наплавки, 2 по 2мм;

Рассчитаем расход флюса $Q_{\dot{\phi}}$ на один метр шва:

$$Q_{\dot{\phi}} = \frac{780(U_{\dot{A}} - 18)}{V_{\dot{i}\dot{i}}} = \frac{780(26,36 - 18)}{0,59} = 11 \text{ кг} \quad (2.9)$$

где $U_{\dot{д}}$ - напряжение на дуге, 26,36 В;

$$V_{\dot{n}\dot{n}} = 35 \text{ м/ч} = 0,6 \text{ м/мин}$$

2.2 Выбор и описание наплавочных материалов

Порошковая проволока является одним из наиболее универсальных электродных материалов для механизированной и автоматизированной дуговой наплавки (сварки) [11–13]. К основным преимуществам порошковой проволоки, по сравнению с другими электродными материалами, можно отнести достаточно простую адаптацию ее химического состава к составу и свойствам наплавляемых деталей, высокую стабильность горения дуги, относительно небольшое разбрызгивание электродного металла и хорошее формирование наплавленных валиков [14–18].

Для наплавки крановых колес, как правило, применяются наплавочные материалы, обеспечивающие получение наплавленного металла типа низколегированных сталей 18Х1Г1М или 30ХГСА. Однако при наплавке тяжело нагруженных колес кранов, которые эксплуатируются на металлургических предприятиях, эти материалы не обеспечивают необходимый ресурс эксплуатации [4].

Повышение износостойкости деталей подобного типа можно достичь при использовании наплавочных материалов, обеспечивающих получение наплавленного металла со структурой метастабильного аустенита, претерпевающего превращение в мартенсит под влиянием деформаций, возникающих при нагружении детали в процессе эксплуатации [5...8].

Для наплавки применим сварочную проволоку Св-08Г2СМФ и флюс марки АН-348А (табл. 2.2 и табл. 2.3)

Таблица 2.2 – Сварочная проволока для наплавки

Марка проволоки	Химический состав %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
Св-08Г2СМФ	0,05- 0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	<0,2	0,25	-	-	0,25

Таблица 2.3 – Флюс для наплавки

Марка флюса	Химический состав, %								
	Si	MnO	CaP	CaO	MgO	AlO	FeO	S	P
АН-348А	41-44	34-38	3,5-4,5	>6,5	5,0-7,5	>4,5	2	0,15	0,12

2.3 Оборудование для проведения восстановительной наплавки

Для осуществления наплавки применим двухголовочный автомат А-1416 (рис. 2.1). Продолжительность включения автомата ПВ=100%, диаметр наплавочной проволоки составляет 1,2...5,0 мм. Автомат А-1416 позволяет проводить двухдуговую сварку и наплавку проволокой сплошного сечения под слоем флюса. Возможно проведение восстановительной наплавки деталей из низкоуглеродистой и легированной стали с использованием постоянного тока, независимой установки скорости подачи каждой электродной проволоки.



Рисунок 2.1 – Автомат А-1416

Установка для наплавки под флюсом (рис. 2.2) включает в себя:

- 1 – основание;
- 2 – траверса;
- 3 – вращатель горизонтальный;
- 4 – головка наплавочная
- 5 – пульт управления;
- 6 – источник питания;
- 7 – механизм подачи проволоки;
- 8 – маховик перемещения;
- 9 – бункер для флюса;
- 10 – пульт управления вращателем;
- 11 – сток флюса;
- 12 – лоток для сбора флюса;
- 13 – катушка проволоки.

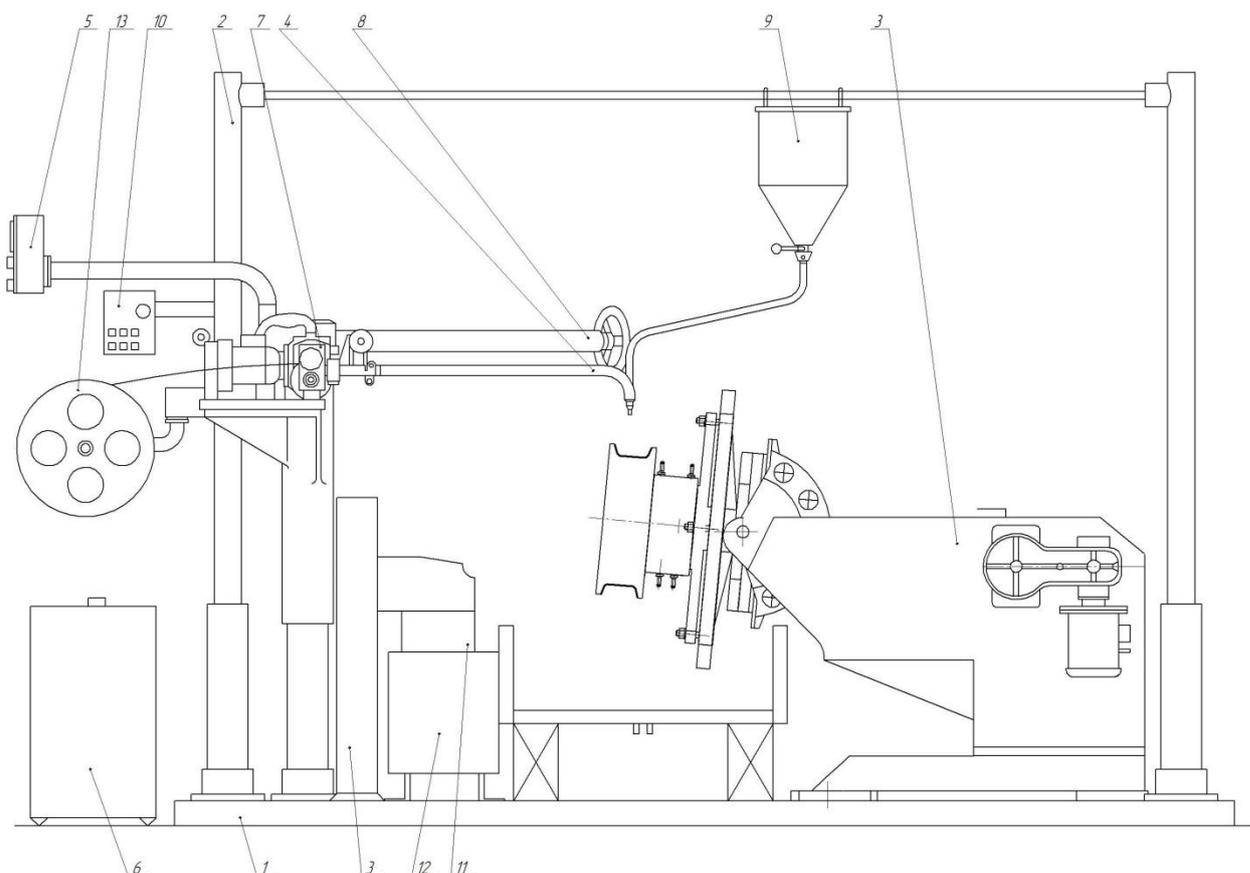


Рисунок 2.2 – Установка для наплавки под флюсом

2.4 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки

Производят осмотр и измерение геометрических параметров кранового колеса, далее подают колесо в токарное отделение. В токарном отделении колесо устанавливают и закрепляют в центрах станка и обтачивают поверхность катания колес. Выбор размеров и параметров обработки производят на основании размеров, которые были отмечены бригадиром при внешнем осмотре. В процессе обработки поверхности катания крановых цельнокатаных колес подвергают: поверхность катания; гребень колеса; внутреннюю грань (по мере необходимости).

Зачистку наплавляемой поверхности производят с использованием стальных щеток или путём поверхностной обточкой на станке. Перед проведением наплавки поверхность следует обезжирить бензином, применять керосин не допускается.

Подготовленное колесо подают на участок наплавки и устанавливают на устройство для предварительного подогрева. Для подогрева используют установку индукционного подогрева ИПК-250 (рис. 2.3). Температура предварительного подогрева 180...190°C, нагрев должен быть обеспечен за 45...60 минут. После предварительного подогрева колесо подают на установку наплавки.



Рисунок 2.3 – Установка индукционного подогрева

Производят установку мундштука сварочной головки на стартовую позицию наплавки, открывают задвижку механизма подачи флюса, производят включение вращателя, зажигают сварочную дугу и начинают процесс наплавки.

В ходе наплавки оператору необходимо следить за формированием наплавленного металла. В случае, если не происходит самопроизвольного отставания шлаковой корки, необходимо удалять её вручную. Шлаковую корку следует сбивать со шва после затвердевания и остывания корки, когда она стала темного цвета.

Если произошёл обрыв дуги, повторно возбуждать дугу следует после полного оборота колеса за 20...50 мм перед местом обрыва дуги. Это необходимо для переварки получившегося кратера.

После полного оборота наплавляемого колеса сварочную горелку смещают в направлении раскладки валиков на необходимую величину. Направление наплавки – снизу вверх.

Наплавку производим на постоянном токе обратной полярности. Допускается производить наплавку на постоянном токе прямой полярности.

После наплавки крановое колесо для равномерного и замедленного остывания помещают в термостат. Между съёмом наплавленного колеса с вращателя и установкой его в термостат не должен проходить более 5 минут.

Остывание наплавленного колеса в термостате должно проводиться со средней скоростью, не превышающей $50^{\circ}\text{C}/\text{час}$ и продолжительностью не менее 6 часов.

Температура наплавленной поверхности колеса в момент извлечения его из термостата не должна быть больше 50°C . Постановка колеса тележку крана должна производиться только после его полного остывания до комнатной температуры.

Для питания дуги при наплавке под флюсом применим источник питания ВДУ-1250 (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Источник питания для наплавки под флюсом ВДУ-1250

Источник питания ВДУ-1250 характеризуется надежным зажиганием и устойчивым горением сварочной дуги, обладает высокой стабильностью процесса сварки на всем диапазоне значений сварочных параметров. Источник обеспечивает получение двух видов жестких внешних вольтамперных характеристик. Источник обладает возможностью дистанционного регулирования параметров сварки. ВДУ-1250 может быть рекомендован при выполнении ответственных работ, требующих высокую интенсивность нагрузки при ПВ 100%.

2.5 Повышение эффективности операции наплавки

В процессе наплавки под флюсом имеется опасность возникновения трещин в наплавленном слое вследствие выделения углерода из основного металла. Общеизвестно, что наиболее эффективным способом борьбы с трещинообразованием является снижение доли основного металла в материале наплавленного слоя за счет уменьшения глубины проплавления наплавляемой поверхности. Многоэлектродная наплавка позволяет рассредоточить вводимую тепловую мощность на большей площади

наплавляемой поверхности и тем самым уменьшить глубину проплавления основного металла.

Реализация предлагаемого способа сварки поясняется на рис. 2.5, где 1 - первая наплавочная горелка, 2 - вторая наплавочная горелка, 3 - флюсоудерживающее устройство, 4 - колесо. Для облегчения восприятия поверхность колеса условно разбита на зоны: А - поверхность катания, В - основание гребня, С - поверхность гребня, D - торцевая поверхность колеса; расстояние между электродами обозначено E, углы ориентации горелок - α' , β' и α'' , β'' .

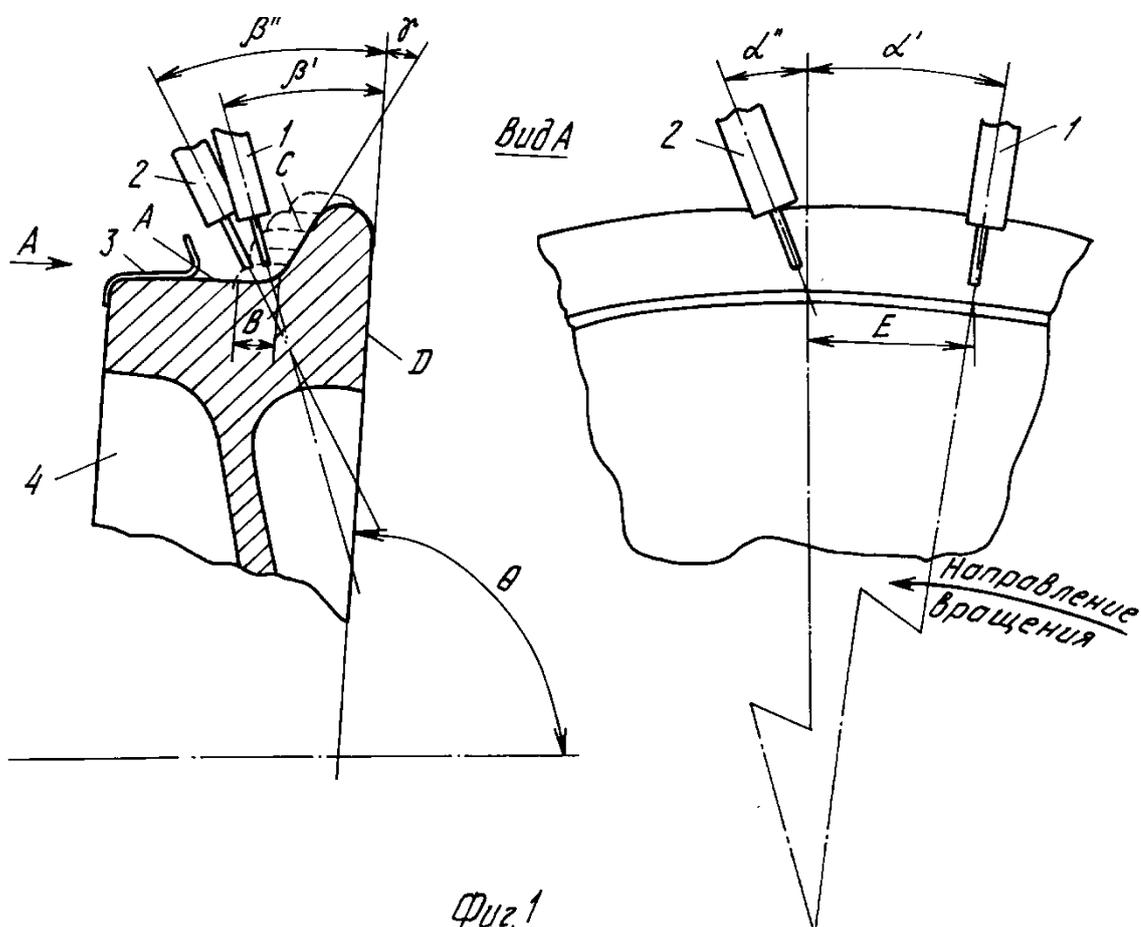


Рисунок 2.5 - Расположение наплавочных горелок
в процессе реализации способа

Устройство состоит (рис. 2.6) из стойки 6, на которой при помощи горизонтальной полки 5 установлен наклонный суппорт 7. Узел крепления суппорта 7 позволяет устанавливать его с возможностью поворота вокруг горизонтальной оси 8 до положения, параллельного поверхности гребня (в

верхней части колеса). На суппорте 7 закреплен шток 9, на котором установлен механизм 10 регулировки положения наплавочных горелок 1 и 2. На горизонтальной полке 6 расположены механизм подачи проволоки 11 и механизм подачи флюса 12.

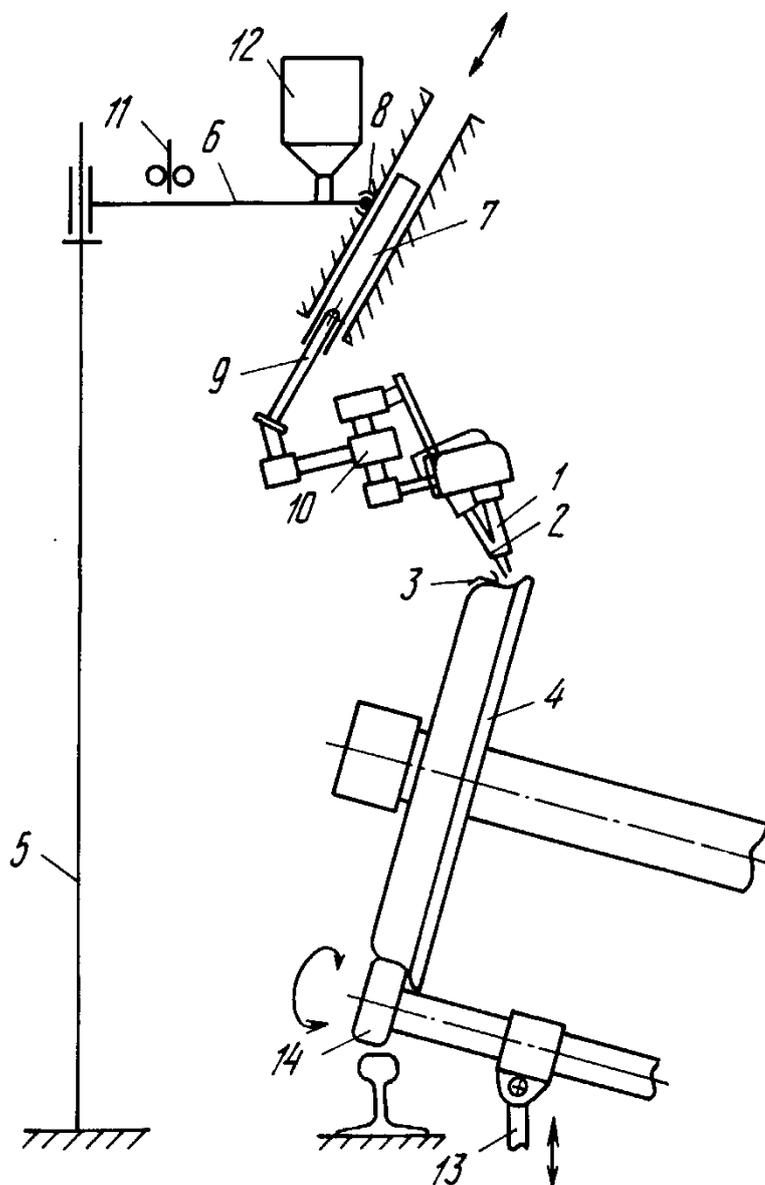


Рисунок 2.6 – Общая схема устройства

Наклон колесной пары может, в частности, осуществляться с помощью подъемного устройства 13 или за счет наклонной установки опор 14 вращения колес, соединенных с приводом.

Кинематическая схема узла регулировки, представленная на рис. 2.10, дает более подробное представление об устройстве, реализующем способ.

Конструкция позволяет устанавливать горелки 1 и 2 в верхней части колеса 4 в зоне основания гребня, а также ориентировать каждую наплавочную горелку в отдельности под своими углами к наплавляемой поверхности (углы α' , β' и α'' , β'' соответственно).

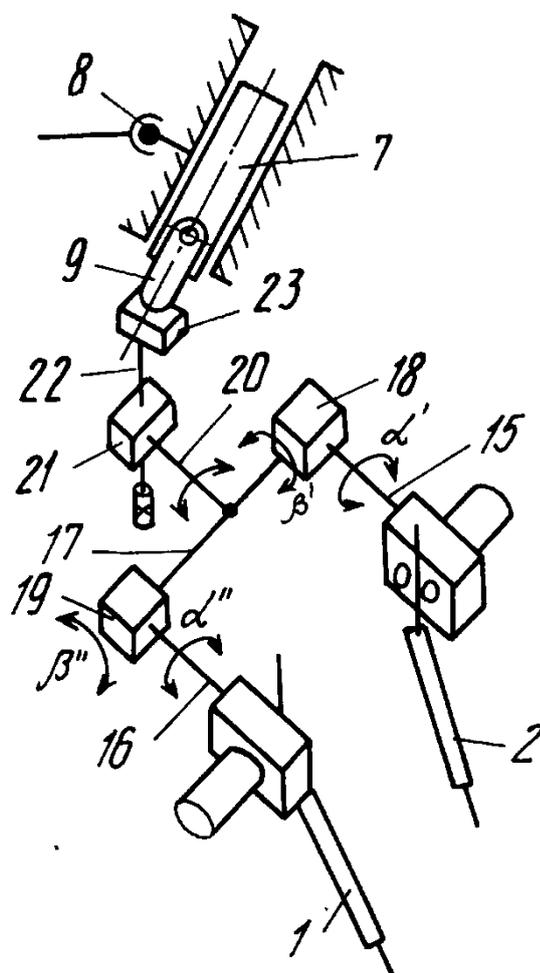


Рисунок 2.7 – Кинематическая схема механизма регулировки положения наплавочных горелок

На свободных концах осей 15 и 16 П-образного соединения осей 15, 16 и 17 неподвижно закреплены наплавочные горелки 1 и 2. Оси 15 и 16 предназначены для удаления и приближения наплавочных горелок к наплавляемой поверхности гребня, а также для установки горелок под углом к вертикальной плоскости симметрии колеса (угол наклона α'' второй наплавочной горелки и угол наклона α' радиальной плоскости, в которой

ориентирована первая наплавочная горелка, по отношению к вертикальной плоскости симметрии колеса). Регулировка указанного угла осуществляется в пределах $\pm 25^\circ$. Оси 15 и 16 с помощью клеммных зажимов 18 и 19 установлены на оси 17. Перемещением клеммных зажимов 18 и 19 вдоль оси 17 устанавливают расстояние E между электродами наплавочных горелок, а поворотом зажимов вокруг оси 17 осуществляется фиксация углов β' и β'' .

Наплавку осуществляют следующим образом. Приводят во вращение колесную пару, включают механизм подачи проволоки и зажигают дугу на первом электроде, ток дуги 100...120 А. После наплавки участка длиной в 50 мм зажигают дугу второй наплавочной горелки, что исключает непосредственное действие второй, более мощной горелки (ток дуги 180...200 А), на основной металл. Дальнейшая наплавка осуществляется двумя дугами в раздельно горящие ванны, и вторая дуга переплавляет металл, наплавляемый первой дугой. Скорость сварки составляет 24...30 м/ч.

Переход от валика к валику оператор осуществляет без остановки процесса наплавки включением электромеханического привода суппорта 7. Наплавка осуществляется в один слой, состоящий из наложенных друг на друга 5 валиков. Ширина валиков может регулироваться до 20 мм, что вполне достаточно для восстановления максимально допустимого износа гребня колеса.

Расположение колеса и горелок на нем, их взаимная ориентация и направленность дуг на наплавляемую поверхность - эти технологические приемы обеспечивают наилучшее сочетание факторов, влияющих на формирование наплавляемых валиков. На жидкий металл сварочной ванны направленно воздействуют силы: магнитное дутье, гравитационные силы и силы поверхностного натяжения, - позволяющие увеличить ширину валика, уменьшить глубину проплавления основного металла как по основанию гребня, так и по его наклонной поверхности.

Сформированные валики имеют плоскую форму. При их последовательном наложении друг на друга минимизируется зона контакта

жидкой ванны с основным металлом и уменьшается возможность перехода углерода в наплавленный слой.

Указанные свойства обеспечивают следующие результаты, подтвержденные исследованиями наплавленного слоя:

- глубина проплавления основного металла составляет 1...1,2 мм;
- содержание углерода в наплавленном слое составляет 0,11% (в основном металле - 0,6%);
- закалочные структуры отсутствуют как в наплавленном металле, так и в переходной зоне;
- в переходной зоне, то есть в зоне термического влияния, микроструктура перлитно-ферритная мелкозернистая. Твердость (по Виккерсу) этих участков в различных зонах (у вершины, на середине и у основания гребня) колеблется от 200 до 250HV при твердости основного металла 200 ...240HV.

Полученные металлографические характеристики удовлетворяют требованиям железнодорожного регистра и подтверждают высокое качество наплавленного слоя, что позволяет вводить в дальнейшую эксплуатацию восстановленную колесную пару, увеличивая пробег в 2-2,5 раза. При этом способ и устройство обеспечивают возможность осуществлять восстановление колес без выкатки и с высокой производительностью.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Восстановительная наплавка колеса тележки крана включает в себя следующие операции: 1) омывку и очистку; 2) предварительный подогрев; 3) наплавку; 4) охлаждение; 5) контроль качества.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Омывка и очистка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, станок обтачной	Моющий раствор, вода техническая, бензин
2. Проведение предварительного подогрева колеса	Контролёр по термообработке	Установка индукционного подогрева токами промышленной частоты - ИПК-250, цифровой контактный термометр ТК-5	-
3. Осуществление восстановительной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Горизонтальный вращатель, установка наплавки, источник питания ВДУ-1250	Сварочная проволока Св-08Г2СМФ, флюс АН-348А, вода техническая
4. Охлаждение	Контролёр по термообработке	Термокамера	-
5. Проведение контроля качества восстановленного колеса	Инженер - дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп УДС-2-52	-

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1	2	3
1. Омывка и очистка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Машина моечная, станок обтачной
2. Проведение предварительного подогрева колеса	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Установка индукционного подогрева токами промышленной частоты - ИПК-250
3. Осуществление восстановительной наплавки	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации 	Горизонтальный вращатель, установка наплавки, источник питания ВДУ-1250

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Охлаждение	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Термокамера
5. Проведение контроля качества восстановленного колеса	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн 	Лупа, дефектоскоп УДС-2-52

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

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

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановительная наплавка	Установка наплавки, термическая печь	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению эффективности восстановления крановых колёс. При выполнении базовой технологии наплавки предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на наплавку под флюсом. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	80	62

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Значение коэффициента, который учитывает наличие отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп.	%	12	12
6	Значение коэффициента, который учитывает наличие доплат к основной заработной плате	Кд.		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, который учитывает наличие отчислений на социальные нужды.	Ксс	%	34	34
8	Принятое значение нормы амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэсп.	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл.	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	40	60
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, который учитывает затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт. Кдем.	%	3	5
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	60000	300000
15	Значение коэффициента, который учитывает затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	3	24
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
20	Нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Машинное время	tмаш	час	2	0,3

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

$D_{п}$ – общее количество предпраздничных дней;

$T_{п}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_э = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 2 + 2 \cdot 15\% + 2 \cdot 10\% + 2 \cdot 5\% + 2 \cdot 10\% = 2,42 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,3 + 0,3 \cdot 15\% + 0,3 \cdot 10\% + 0,3 \cdot 5\% + 0,3 \cdot 1\% = 0,363 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение наплавки;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma} = 4108/2,42 = 1687 \text{ колёс за год для базового варианта}$$

$$П_{\Gamma} = 4108/0,363 = 11316 \text{ колёс за год для проектного варианта}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $\Pi_{\Gamma} = 3000$ крановых колёс за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на сварку ремонтную наплавку;

Π_{Γ} – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{ДАН} \times \text{А}} = \frac{2,42 \cdot 3000}{4108 \cdot 1,1} = 1,6$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{Б}} = \frac{0,363 \cdot 3000}{4108 \cdot 1,1} = 0,24$$

На основании проведённых расчётов принимаем две единицы оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования производим с использованием зависимости:

$$K_{\text{З}} = n_{\text{РАСЧ}} / n_{\text{ПР}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{ПР}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ЗБ}} = 1,6 / 2 = 0,8$$

$$K_{\text{ЗП}} = 0,24 / 1 = 0,24$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

$$M_{\text{баз.}} = 345 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 1630,13 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 150 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 + 39 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 628,43 \text{ рублей}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной и дополнительной заработных плат. Для расчётного определения основной заработной платы используем зависимость:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot Cч \cdot Kд \quad (4.8)$$

где $Cч$ – принятое значение тарифной ставки;

$Kд$ – принятое значение коэффициента, который учитывает затраты на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 102 \cdot 200 \cdot 1,88 = 38352 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,363 \cdot 62 \cdot 1,88 = 42,3 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100 \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты на отчисления на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.баз.}} = 363,97 \cdot 12 / 100 = 43,68 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 42,3 \cdot 12 / 100 = 5,08 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз.}} = 363,97 + 43,68 = 407,65 \text{ рублей};$$

$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 42,3 + 5,08 = 47,38$ рублей.

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$Осс = \PhiОТ \cdot Ксс / 100, \quad (4.10)$$

где Ксс – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$Осс_{\text{баз.}} = 407,65 \cdot 34 / 100 = 138,60 \text{ руб.}$$

$$Осс_{\text{проектн.}} = 47,38 \cdot 34 / 100 = 16,11 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$Зоб = Аоб + Рэ-э, \quad (4.11)$$

где Аоб – принятая величина амортизации оборудования;

Рэ-э – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$А_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{э} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где Цоб – принятое значение стоимости оборудования;

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\text{гáá}} = \frac{60000 \cdot 21,5 \cdot 2}{4108 \cdot 100} = 6,28$$

$$\dot{A}_{\text{гáíð}} = \frac{300000 \cdot 21,5 \cdot 0,3}{4108 \cdot 100} = 4,71$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{э-э} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{\text{УСТ}}$ – принятое значение мощности установки;

$\text{Ц}_{\text{Э-Э}}$ – стоимость электрической энергии;
 КПД – коэффициент полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}A} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 1,75}{0,7} = 15,00$$

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}B} = \frac{24 \cdot 0,3 \cdot 1,75}{0,8} = 15,75$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 6,28 + 15,00 = 21,28 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 4,71 + 15,65 = 20,36 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$\text{З}_{\text{ПЛ}} = \text{P}_{\text{ПЛ}} + \text{A}_{\text{ПЛ}}, \quad (4.14)$$

где $\text{P}_{\text{ПЛ}}$ – величина расходов на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$\text{A}_{\text{ПЛ}}$ – амортизация площадей.

Величину расходов на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$\text{P}_{\text{ПЛ}} = \frac{\text{C}_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot \text{S} \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

где $\text{C}_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$\text{P}_{\text{ПЛб}} = 2000 \cdot 40 \cdot 2,42 / 4108 = 47,13 \text{ рублей}$$

$$\text{P}_{\text{ПЛпр}} = 2000 \cdot 60 \cdot 0,363 / 4108 = 10,60 \text{ рублей}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$\text{A}_{\text{ПЛ}} = \frac{\text{Ц}_{\text{ПЛ}} \cdot \text{На}_{\text{ПЛ}} \cdot \text{S} \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $\text{На}_{\text{ПЛ}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$\text{Ц}_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{I \dot{E} \dot{A}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 2,42}{4108 \cdot 100} = 3,53$$

$$\dot{A}_{I \dot{E} \dot{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 0,363}{4108 \cdot 100} = 0,80$$

$$Z_{\text{ПЛБаз.}} = 47,13 + 3,53 = 20,36 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛПроектн.}} = 10,60 + 0,80 = 11,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = \Phi ЗП + \text{Осс} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 1630,13 + 407,65 + 138,60 + 21,28 + 20,36 = 2218,02 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 628,43 + 47,38 + 16,11 + 20,36 + 11,40 = 723,68 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 2218,02 + 1,5 \cdot 363,97 = 2613,98 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 723,68 + 1,5 \cdot 42,3 = 787,13 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, который учитывает заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 2613,98 + 2,15 \cdot 363,97 = 3396,52 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 787,13 + 2,15 \cdot 42,3 = 878,08 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			Базов	Проек
1	Материалы	М	1630,13	628,43
2	Фонд заработной платы	ФЗП	407,65	47,38
3	Отчисления на соц. нужды	Осс	138,60	16,11
4	Расходы на оборудование	Зоб	21,28	20,36
5	Затраты на площади	Зпл	20,36	11,40
	Себестоимость технологич.	Стех	2218,02	723,68
6	Расходы цеховые	Рцех	395,96	63,45
	Себестоимость цеховая	Сцех	2613,98	787,13
7	Расходы заводские	Рзав	782,53	90,95
	Себестоимость заводская	Сзав	3396,52	878,08

4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$\Pi_{\text{ОБ.Б.}}$ – величина остаточной стоимости оборудования, полученная с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$\Pi_{\text{ОБ.Б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где $\Pi_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

$N_{\text{А}}$ – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 60000 - (60000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 22200 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 2 \cdot 22200 \cdot 0,80 = 35520 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологии производим с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = \Pi_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 1 \cdot 300000 \cdot 1,05 \cdot 0,24 = 75600 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение затрат на монтаж технологического оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 60000 \cdot 0,05 = 3000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 300000 \cdot 0,05 = 15000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 3000 + 15000 = 18000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 75600 + 18000 = 93600 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений производим с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 93600 - 35520 = 58080 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений производим с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / П_{\text{Г}}, \quad (4.28)$$

где $П_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 93600 / 3000 = 31,2 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 35520 / 20 = 11,84 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГБ}} - t_{\text{ШГПР}}}{t_{\text{ШГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{2,42 - 0,363}{2,42} \cdot 100\% = 85\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШГ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШГ}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 85}{100 - 85} = 567\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{ОА}} = \frac{2218,02 - 723,68}{2218,02} \cdot 100\% = 67\%$$

Величину условно-годовой экономии определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot P_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (3396,52 - 878,08) \cdot 3000 = 7555320 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{OK} = \frac{K_{общ}}{\Delta_{УГ}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{OK} = \frac{58050}{7555320} \approx 0,5 \text{ года}$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\Delta_{ГП} = [C_{ЗАВБ} - (C_{ЗАВПР} + E_n \cdot K_{удПР})] \cdot ПГ \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{ГП} = [3396,52 - (878,08 + 0,33 \cdot 11,84)] \cdot 3000 = 7543598 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектная технология сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как снижение трудоемкости на 85 %, повышение производительность труда на 567 %, снижение технологической себестоимости на 67 %.

Величина годового экономического эффекта в сфере производства полученная с учетом затрат на дополнительные капитальные вложения, составила 7,5 млн. рублей.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что предлагаемая технология ремонтной наплавки обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение эффективности восстановления крановых колёс за счёт внедрения прогрессивных технологий наплавки.

При рассмотрении современного состояния вопроса восстановительной наплавки крановых колёс были рассмотрены: ручная дуговая наплавка штучными электродами, наплавка под слоем флюса, механизированная наплавка в защитных газах проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками, электрошлаковая наплавка. Принято решение применить наплавку под флюсом.

Анализ состояния вопроса позволил сформулировать задачи: 1) разработать технологический процесс восстановительной наплавки крановых колёс; 2) предложить оборудование для реализации проектной технологии; 3) произвести экспертизу предлагаемых технических решений на предмет обеспечения безопасности труда персонала; 4) произвести экономическую оценку эффективности внедрения предлагаемых технологических решений в производство.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановительной наплавки крановых колёс. В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Величина годового экономического эффекта в сфере производства и в сфере эксплуатации, полученная с учетом затрат на дополнительные капитальные вложения, составила 7,5 млн. рублей. Сделан вывод о том, что предлагаемая технология ремонтной наплавки обладает экономической эффективностью. На основании изложенного цель выпускной квалификационной работы можно считать достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, М.П. Грузоподъёмные машины: Учебник для вузов. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000 г. – 552с.
2. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
3. Технология и 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.
4. Голякевич, А.А. Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины / А.А. Голякевич, Л.Н. Орлов, Л.С. Малинов, В.И. Титаренко // Автоматическая сварка. – 2016. – № 9. – С. 37–41.
5. Разиков, М.И. Сварка и наплавка кавитационной стали марки 30X10Г10 / М.И. Разиков, В.П. Ильин. – М.: НИИМАШ, 1964. – 35 с.
6. Выбор состава хромомарганцевой стали с метастабильным аустенитом в качестве основы наплавочного материала / Л.С. Малинов, А.П. Чейлях, Е.Я. Харланова [и др.] // Известия ВУЗ. Черная металлургия. – 1994. – № 8. – С. 45–46.
7. Малинов, Л.С. Марганецсодержащие наплавочные материалы / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов // Сварочное производство. – 2001– № 8. – С. 34–36.
8. Восстановление колец опорно-поворотного устройства крана МКТ-250 / Ю.М. Кусков, Я.П. Черняк, И.Г. Острик [и др.] // Сварщик. – 2004. – № 4. – С. 35–38.
9. 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.

10. Жерносеков А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.
11. Походня, И.К. Сварка порошковой проволокой / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – К.: Наукова думка, 1972. – 223 с.
12. Металлургия дуговой сварки, взаимодействие металла с газами / И.К. Походня, И.Р. Явдошин, А.П. Пальцевич [и др.]. – К.: Наукова думка, 1994. – 444 с.
13. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой (Обзор) / И. К. Походня, В. Н. Шлепаков, С. Ю. Максимов [и др.] // Автоматическая сварка. - 2010. -№ 12.-С. 34-42.
14. Юзвенко, Ю.А. Наплавка порошковой проволокой / Ю.А. Юзвенко, Г.А. Кирилук. – М.: Машиностроение, 1973. – 45 с.
15. Шлепаков, В.Н. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей / В.Н. Шлепаков, Ю.А. Гаврилюк, А.С. Котельчук // Автоматическая сварка. – 2010. – № 3. – С. 46–51.
16. Шлепаков, В.Н. Физико-металлургические и сварочно-технологические свойства газозащитных порошковых проволок для сварки конструкционных сталей / В. Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 56–59.
17. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях / Р. Розерт // Автоматическая сварка. - 2014. - № 6-7. - С. 60-64.
18. Кондратьев И. А. Порошковые проволоки для наплавки стальных валков горячей прокатки / И. А. Кондратьев, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 99–100.

19. Матвеев, В.В. Экономическая эффективность восстановления профиля железнодорожных колёс / В.В. Матвеев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 4. – С. 44–47.

20. Козубенко, И.Д. Технология лазерной наплавки и термообработки деталей колёсных пар подвижного состава / И.Д. Козубенко, В.Ю. Хаскин, В.Д. Черниенко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 3. – С. 35–27.

21. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.

22. Иванов, В.П. Повышение работоспособности наплавленных крановых колёс / В.П. Иванов, Ю.В. Сергиенко, Е.Н. Сорочан, Е.В. Таранина // Наука та виробництво. – 2017. – Вып. № 17. – С. 49–53.

23. Лебедев, В.А. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел, А.В. Яровицын [и др.] // Автоматическая сварка. – 2006. – № 3. – С. 25–30.

24. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.

25. Патент РФ № 2143962. Способ восстановления наплавкой поверхностей катания / Шефель В.В., Лойко В.М., Стржалковский В.Д. и др. МКИ В23К9/04. 2000

26. Патент РФ № 2041785. Способ восстановления гребней вагонных колёс / Родионов Ю.С., Козубенко И.Д., Рассоха А.И., Бызова Н.Е. МКИ В23Р6/00. 1995

27. Патент РФ № 2124974. Способ восстановления колесных пар железнодорожного подвижного состава и установка для его осуществления / Соловьев П.Н., Дмитренко В.Н., Дмитренко Г.В., Лазебный А.С., Карпенко В.Н. МКИ В23К9/04. 1999

28. Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.

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

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

31. 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.