

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в
машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой МСП
_____ Б.Н.Гузанов
«___» _____ 201__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Оптимизация технологии восстановления колеса мостового крана с
применением наплавки

Идентификационный код ВКР: 551

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-404С

М.О. Костромин

Руководитель:
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Нормоконтролер:
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Биалов

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕСА
МОСТОВОГО КРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАПЛАВКИ

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
профилю подготовки Машиностроение и материалобработка
специализации Технологии и технологический менеджмент
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР: 551

Екатеринбург 2018

ВВЕДЕНИЕ

СВАРКА - процесс получения неразъемного соединения деталей машин, конструкций и сооружений при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или при совместном действии того и другого в результате установления межатомных связей в месте их соединения.

НАПЛАВКА - это нанесение слоя металла или сплава на поверхность изделия посредством сварки плавлением. Наплавка функциональных покрытий служит для получения на поверхности изделий слоя с необходимыми свойствами. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, жаростойкость, коррозионную стойкость и т.д.

Целью данной дипломной работы ставится оптимизация технологии восстановления кранового колеса мостового крана из стали 50 с применением наплавки, проектирование оборудования для наплавки изделия.

Для восстановления кранового колеса мостового крана до сих пор используется метод механизированной наплавки с применением сварочной проволоки марки Св-08Г2С. Для оптимизации производственного процесса, что в итоге приведет к улучшению качества и увеличению экономических показателей, необходимо использовать более современные методы сварочного процесса. В данной работе мы рассмотрим и обоснуем переход от метода механизированной наплавки плавящимся электродом в среде защитных газов (базовый метод) к методу автоматической наплавки под слоем флюса (проектируемый метод) с применением сварочных материалов, которые, в отличие от базового метода, увеличат твердость наплавленного слоя, что приведет к увеличению срока службы колеса.

Итак, **объектами** нашего исследования являются метод механизированной наплавки в среде защитных газов, автоматическая наплавка под слоем флюса, сварочные материалы, обеспечивающие требуемую твердость наплавленного слоя.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Име. № дубл	Подп. и дата	ДП.44.03.04.551 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-		7

Предмет исследования: технологический процесс сварки, экономическое обоснование, методика переподготовки рабочих по профессии «сварщик»

Целью данной дипломной работы является оптимизация технологии восстановления колеса мостового крана с применением наплавки.

Достижение цели будет происходить за счет решения следующих **задач**:

- анализ материала изделия;
- проанализировать базовый вариант восстановления колеса;
- подобрать и обосновать проектируемый способ наплавки колеса;
- провести необходимые расчеты режимов наплавки;
- выбрать сварочное оборудование и материалы;
- разработать технологию наплавки колеса;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида работ;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант восстановления с помощью наплавки кранового колеса, включающий автоматическую наплавку под флюсом; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

1 Описание конструкции

1.1 Назначение изделия, общие требования

Колесо мостового крана – колесо, предназначенное для перемещения мостового крана по рельсовым путям. Колеса должны изготавливаться согласно требований ГОСТ 28648 - 90 из сталей с механическими характеристиками не ниже, чем стали марки 45 по ГОСТ 1050 – 2013.

Твердость поверхности катания колеса не должна превышать значения твердости рельс, изготовленных из стали 63, так как замена изношенных путей имеет гораздо большую трудоемкость и затраты. Поэтому рельсы, по согласованию с заказчиком, изготавливаются по ГОСТ 4121-96 с твердостью головки 390 НВ.

Колеса мостовых кранов изнашиваются под воздействием сил трения, которые усиливаются в зависимости различных факторов. Самый распространенный – установка при монтаже колес с перекосом относительно рельс и друг друга.

Колесо, технологию восстановления которого требуется оптимизировать, изготавливается из стали 50. Так как грузоподъемный механизм относится к рабочей группе 4М и 5М по ГОСТ 25835 – 83, то твердость рабочей поверхности должна составлять не менее 300 НВ.

1.2 Характеристика материала изделия

Сталь 50 является конструкционной углеродистой качественной сталью, изготавливаемой по ГОСТ 1050-2013. Применяется для изготовления зубчатых колес, прокатных валков, штоков, осей, бандажей, колес и других деталей, работающих на трение.

Механические свойства и химический состав стали 50 приведены в таблице 1 и таблице 2.

Ине. № дубл	Подп. и дата
Ине. № инв. №	Взаим. инв. №
Ине. № подл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Таблица 1 – Механические свойства стали 50 по ГОСТ 1050-2013

Предел текучести, δ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление, δ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение, δ_5 , %	Относительное сужение, ψ , %
375	630	14	40

Таблица 2 – Химический состав стали 50 по ГОСТ 1050-2013

Химический элемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
Содержание, %	0,47-0,55	0,17-0,37	0,50-0,80	$\begin{matrix} >0,03 \\ 0 \end{matrix}$	>0,035	>0,25	>0,30	>0,30

1.3 Свариваемость стали 50

Свариваемость — свойство металлов или сплавов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям.

Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения тем же свойствам основного материала и его склонностью к образованию дефектов. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, плохо и ограниченно свариваемые.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Европейский стандарт EN 1011-2-2011 рекомендует оценивать склонность материала к образованию горячих трещин по соотношению (1):

$$UCS = 230C + 190S + 75P + 45Nb + 12,3Si + 5,4Mn - 1, \quad (1)$$

где UCS – единицы склонности к горячим трещинам;

C, S, P, Nb, Si, Mn – содержание соответствующих химических элементов в составе стали, %.

Для расчета применяем усредненные значения химического состава стали 50 по ГОСТ 1050-2013.

$$UCS = 230 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0,02 + 75 \cdot 0,02 + 12,3 \cdot 0,25 + 5,4 \cdot 0,6 - 1 = 112,985.$$

Так как значение $UCS > 30$, то сталь 50 при сварке склонна к образованию горячих трещин.

Склонность стали к образованию холодных трещин можно оценить по эквиваленту углерода (2):

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}. \quad 2)$$

Для расчета применяем усредненные значения химического состава стали 50 по ГОСТ 1050-2013.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,5 + \frac{0,6}{6} + \frac{0,2}{24} + \frac{0,2}{40} + \frac{0,2}{5} + \frac{0,2}{13} + \frac{0,02}{2} = 0,678.$$

Так как значение $C_{\text{ЭКВ}} > 0,45$, то сталь 50 склонна к образованию холодных трещин.

Температуру предварительного подогрева рассчитаем по методике Д.Сефериана (3):

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-	ДП.44.03.04.551 ПЗ	Лист
						11

В базовой технологии производится механизированная наплавка в среде защитных газов.

1.5.1 Подготовка детали

После снятия кранового колеса с подъемно-транспортного механизма производится осмотр его рабочей поверхности на наличие дефектов (трещины, сколы, поверхностные дефекты, острые кромки).

После визуального контроля деталь погружается в печь для осуществления низкотемпературного отжига (выдержка 8 часов при температуре 600-650°C) для снятия эксплуатационных напряжений.

Низкотемпературный отжиг применяют для восстановления исходной твердости, пластичности и ударной вязкости, которые изменились в результате холодной пластической деформации, т. е. для снятия наклепа. Степень снятия напряжений определяется главным образом температурой нагрева, а не временем выдержки. В результате отжига уменьшаются особенно опасные остаточные растягивающие напряжения, снижается склонность к хрупкому разрушению, повышается сопротивление усталости и ударным нагрузкам, снижается склонность к межкристаллитной коррозии, стабилизируются размеры изделий и предотвращается их коробление. Низкотемпературному отжигу подвергают отливки, поковки, сварные изделия и детали, в которых возникли внутренние напряжения. После завершения рекристаллизации строение металла и его свойства становятся прежними (которые он имел до деформации).

После осуществления термообработки деталь подвергается контролю на твердость. Твердость должна соответствовать данным ГОСТ 1050-2013 и иметь значение 200-210 НВ.

Для вывода следов износа поверхности катания и реборд колеса производится механообработка на токарном станке, с условием снятия минимального слоя металла. Как показывает практика, на ПАО «Уралмашзавод» количество ме-

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

талла, снимаемого механообработкой, соответствует значениям приблизительно 15 мм.

После механообработки производится магнитопорошковая дефектоскопия на отсутствие дефектов (трещин, сколов).

1.5.2 Сварочные материалы

Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1.2мм, изготовленная по ГОСТ 2246-70 имеет химический состав и механические свойства, приведенные в таблице 3 и таблице 4 соответственно.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Содержание, %	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	>0,20	>0,25	0,025	0,030

Таблица 4 – Механические свойства проволоки Св-08Г2С

Предел текучести, Мпа	Предел прочности, Мпа	Удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
400	510	22	43 при -60°С 47 при -20°С

Механические свойства представлены при условии использования, в качестве защитного газа, смеси Ar+CO₂ (80%+20%).

1.5.3 Режим полуавтоматической наплавки колес

Режим полуавтоматической наплавки колес указан в таблице 5.

Таблица 5 – Режим сварки

Положение	Сила тока, А	Напряжение, В	Предварительный подогрев, °С	Тепловой режим, °С
Нижнее	260-280А	24-26В	200 – 250	200-250

1.5.4 Сварочное оборудование

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Полуавтомат сварочный Fronius TransSteel 5000 с поддержкой ручной дуговой сварки используется для выполнения прихваток и основных швов. Технические характеристики аппарата приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики Fronius TransSteel 5000

Масса, кг	32,5
Ширина, мм	300
Высота, мм	497
Длина, мм	747
Частота сети, Гц	50-60
Сетевой предохранитель, А	35
Напряжение холостого хода, В	65
Сетевое напряжение, В	3x400/460
Диапазон рабочего напряжения	14.5-39.5
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	360/100
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	500/40
Сварочный ток, продолжительность включения, А/%	420/60
Максимальный сварочный ток, А	500
Минимальный сварочный ток, А	10

Для вращения колеса во время наплавки используется вращатель с ручным переносным переключателем скорости вращения и пуск/стоп.

1.5.5 Термообработка после наплавки

После наплавки деталь подвергается отпуску при температуре 580 - 600⁰С и выдерживается в течение 8 часов. Изделие охлаждается вместе с печью до температуры 300⁰С. Затем охлаждение выполняется на воздухе.

1.5.6 Механообработка и контроль

После термообработки на детали проводится визуально-измерительный контроль наплавленного металла с оценкой по РД 24.090.97-98.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Далее колесо обрабатывается на механическом станке в соответствии с КД и ТД до удаления припуска. После окончательной механообработки производится контроль магнитопорошковой дефектоскопией в местах наплавки по РД 24.090.97-98.

1.5.7 Пооперационное описание базовой технологии наплавки

1. Общие технические требования.

При производстве наплавки руководствоваться требованиями конструкторской, технологической и НТД на данное изделие и вида наплавки.

Основные металлические материалы должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов, технических условий и подтверждаться результатами входного контроля.

Все поступающие на наплавку заготовки, детали, сборочные единицы должны иметь маркировку и/или сопроводительную документацию, подтверждающую их соответствие конструкторской документации и их приемку службой технического контроля.

Все наплавочные материалы перед наплавкой должны пройти входной контроль качества согласно требований и иметь свидетельство НАКС (ПТО). Марка сварочных материалов должна соответствовать требованиям чертежа и технического процесса на изготовление изделия. Номер сертификата, партии, плавки сварочных материалов, используемых при наплавке, должны быть отражены в паспорте или сопровождающей документации на изделие и заверяться клеймом технического контроля. Обезличенные материалы применять категорически запрещается.

При выполнении наплавки должно применяться исправное сварочное оборудование, аттестованное в НАКС (ПТО), обеспечивающее соблюдение режима наплавки, заданных технологическим процессом, а также иметь годные, со штампом проверки, контрольно-измерительные приборы (амперметр, вольтметр и др.),

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

обеспечивающие контроль заданных режимов наплавки. Результаты приемки сварочного оборудования и контрольно-измерительных приборов должны быть отражены в журнале контроля сварочного оборудования.

К выполнению наплавочных работ допускаются сварщики не ниже 5-го разряда, аттестованные в НАКС и имеющие удостоверение установленной формы.

К наплавочным работам приступать только после контроля детали на соответствие требованиям чертежа и разрешения ТК на наплавку.

Поверхности под наплавку должны быть зачищены до металлического блеска от ржавчины, окалины, масла, грязи, краски и других загрязнений, а также обезжирены уайт-спиритом. Подготовка поверхности под наплавку должна быть принята ТК с отметкой.

Сварочные работы выполнять в соответствии с аттестованной технологией в НАКС.

Подготовку ходовых колес к наплавке произвести согласно требованиям чертежа. Результаты контроля поверхности приложить к настоящей технологии. Ходовые колеса с оставшейся толщиной реборды меньше 12 мм к наплавке не допускаются и бракуются (ГОСТ 28648)

2. Установка изделия, выверка биения, снятие изделия.

Установить изделие на вращатель и надежно его закрепить с помощью кулачков патрона и центра задней бабки.

Допускаемое радиальное биение изделия не более 1.5 мм.

Поверхность изделия под наплавку очистить от загрязнений, обезжирить и протереть ветошью насухо.

Подготовка поверхности под наплавку должна быть принята ТК цеха с отметкой в сопроводительной документации.

Проверить работоспособность сварочного оборудования для механизированной наплавки и вращателя установки У-83. Работа на неисправном оборудовании – запрещена.

3. Предварительный подогрев изделия.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Перед началом наплавки произвести предварительный подогрев изделия до температуры 200 – 250 °С. Подогрев производить при непрерывном вращении изделия. Подогрев выполнять газопламенной горелкой на стойке. При проведении газопламенных работ соблюдать правила безопасности.

Контроль температуры подогрева производить пирометром. Предъявить ТК для контроля.

4. Процесс наплавки.

Полуавтоматическую наплавку в смеси защитных газов на основе аргона и углекислого газа производить на установке У-83 в соответствии с требованиями чертежа, данной технологии.

Для полуавтоматической наплавки изделия использовать сварочную проволоку диаметром 1.2 мм, марки Св-08Г2С, аттестованную в НАКС (ПТО).

Режимы наплавки: ток сварки $I_{св}=260-280А$, напряжение 24-26В.

Суммарная толщина наплавленного металла на участке размера 130 и на боковых поверхностях каждой реборды ходового колеса должна обеспечивать припуск под последующую механическую обработку не менее 10мм.

При наплавке температура подогрева детали не должна опускаться ниже 200 °С. При перерывах в работе более 30 минут деталь укрывать асбестовым полотном в 2-3 слоя, а при возобновлении наплавки производить повторный предварительный подогрев до температуры 200-250 °С.

После наплавки каждого слоя произвести исправление выявленных недопустимых дефектов наплавки электродами УОНИ 13/55, диаметром 4мм (НАКС). Ток сварки (наплавки) 160-210А.

После окончания наплавки обеспечить замедленное охлаждение изделия под двухслойным асбестовым полотном. Произвести термообработку.

ТК контролировать выполнении требований данной технологии с отметкой в сопроводительной документации.

Перед окончательной механообработкой (по припуску 1 мм на сторону) произвести ВИК наплавленного металла с оценкой по РД 24.090.97-98.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Недопустимыми дефектами наплавленного металла, выявленными внешним осмотром, являются:

- трещины всех размеров и направлений;
- скопление пор в количестве более 5 штук на 1 кв. см площади наплавленного металла, при этом максимальный размер любой из пор не должен быть более 1мм.

5. В случае наличия недопустимых дефектов – удалить дефектный участок до «здорового» металла и заварить ручной дуговой сваркой электродами УОНИ 13/55, диаметром 3мм (НАКС), ток сварки (наплавки) 100-130А.

После окончательной механической обработки произвести контроль МПД качества наплавленного металла с оценкой по РД 24.090.97-98.

1.5.8 Анализ базовой технологии

Базовая технология механизированной наплавки в защитных газах колес имеет ряд значимых недостатков

Главным является влияние человеческого фактора на качество наплавки вследствие низкой автоматизации труда. Это несет в себе большую вероятность появления дефектов в наплавленном металле. Автоматизация позволит получать более качественную наплавку.

Так же использование проволоки марки Св-08Г2С обеспечивает крайне малую износостойкость наплавленной поверхности. Твердость такой наплавки составляет 160-180 НВ (50% значений твердости нового колеса). Этот фактор способствует быстрому изнашиванию деталей, частому ремонту и долгому простаиванию подъемно-транспортному оборудованию.

Исключается необходимость защиты от светового и теплового излучения дуги.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

Экономические затраты при массовом производстве выше вследствие оплаты дорогостоящего труда сварщиков соответствующей квалификации, затрат на защитный газ и частый ремонт деталей.

1.6 Выбор и обоснование способа автоматической наплавки

Автоматическая наплавка имеет ряд положительных эффектов:

- уменьшение влияние человеческого фактора на качество наплавочных работ;
- повышение качества и скорости наплавки;
- сокращение экономических затрат на производство.

Деталь имеет цилиндрическую форму. К тому же, сталь 50 склонна к образованию холодных и горячих трещин. Данные факторы позволяют сделать выбор в пользу автоматической сварки под слоем флюса, так как:

1) удобный постоянный подогрев детали (для уменьшения вероятности появления трещин) в следствии высокой скорости сварки и безопасного расположения газопламенной горелки;

2) легирование наплавляемого металла необходимыми компонентами флюсов, что позволяет так же сократить вероятность появления горячих трещин и повысить качество наплавленного металла;

3) повышенная культура и безопасность труда: автоматизация производства требует дополнительной аттестации сварщиков, автоматическая сварка под слоем флюса не дает УФ излучения от дуги и почти отсутствуют вредные пары и газы.

Но у данного вида сварки есть и ряд недостатков, которые следует учесть при разработке технологии:

- невозможность наблюдения за формированием сварочной ванны и шва;

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

- возможность осуществлять наплавку и сварку только в нижнем положении.

1.7 Разработка технологии наплавки

На этапе разработки технологии необходимо выбрать оптимальные параметры режима. При разработке режима необходимо учесть особенности металла, назначить дополнительные технологические приемы для получения требуемого качества наплавленного металла и повышения твердости поверхности путем ввода специальных сварочных материалов, обеспечивая повышенный срок службы деталей.

1.7.1 Подготовка детали к наплавке

Крановые колеса, которые находятся в эксплуатации, требуют жесткого технического контроля. Главная цель контроля заключается в исключении поломки и аварийной остановки подъемно-транспортного оборудования, а также прогнозирование текущего ремонта оборудования.

При выявлении критичного износа кранового колеса, ПТО останавливается для проведения текущего ремонта и восстановления колес. Далее осуществляется подготовка колеса к наплавочным работам. Процесс подготовки соответствует описанию в базовой технологии в пункте 2.1 настоящей пояснительной записки.

1.7.2 Выбор сварочных материалов

На обработанную поверхность колеса будет производится наплавка сварочной проволокой марки Св-08ГА в 2-3 слоя в сочетании с флюсом марки АН-22, обеспечивая «смягчающий подслоя» для наплавки проволокой большей твердо-

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

сти. Рабочий слой будет наплавляться проволокой марки Св-12Х13 в сочетании с флюсом марки ОК Flux 10.33 EN ISO.

Выбор проволоки Св-08ГА и флюса АН-22 обоснован тем, что наличие в составе проволоки и флюса достаточного количества марганца, оксидов алюминия, который выводит серу из шва, значительно уменьшают вероятность появления горячих трещин. Так же данный подслои обеспечит хорошую свариваемость проволокой Св-12Х13, которая, в свою очередь, обеспечит поверхность колеса требуемой твердостью. Флюс ОК Flux 10.33 предназначен для наплавки износостойких поверхностей, минимально легируя наплавленный металл, но при этом максимально выводит вредные примеси, типа серы и фосфора, обеспечивая минимальную возможность появления трещин после сварки.

После сварочных работ будет проведена термическая обработка (отпуск при 500°С), в следствие чего, наплавленный рабочий слой примет значение твердости, равное, приблизительно, 350 НВ.

Химический состав сварочных материалов по ГОСТ 2246-70 приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав проволоки Св-08ГА и Св-12Х13 по ГОСТ2246-70

Марка	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	N, %
Св-08ГА	До 0,1	До 0,06	0,8 – 1,1	До 0,25	До 0,025	До 0,03	До 0,1	До 0,01
Св-12Х13	0,09-0,14	0,3-0,7	0,3-0,7	До 0,6	До 0,025	До 0,03	12-14	-

Химический состав флюсов представлен в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Состав флюса АН-22 по ГОСТ 9087-81

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	CaF ₂
18-21,5	19-23	6-9	12-15	11,5-15	20-24

Таблица 9 – Состав флюса Ok Flux 10.33 по EN ISO 14174

(SiO ₂ + TiO ₂), %	(CaO + MgO), %	(Al ₂ O ₃ + MnO), %	CaF ₂ , %
20	35	15	10-25

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Флюсы перед сваркой требуется прокалывать по режимам, требуемым поставщиками.

1.7.3 Расчет массы наплавленного металла, количества сварочных материалов

Объем наплавки найдем из выражения (4):

$$V_H = 2V_p + V_k, \quad 4)$$

где V_p – объем наплавленного металла на реборду;

V_k – объем наплавленного металла на поверхности катания.

$$V_k = 3,1416 \cdot 305^2 \cdot 100 - 3,1416 \cdot 287^2 \cdot 100 = 3332,8 \text{ см}^3;$$

$$V_p = 3,1416 \cdot 325^2 \cdot 18 - 3,1416 \cdot 305^2 \cdot 18 = 712,51 \text{ см}^3;$$

$$V_H = 2 \cdot 712,51 + 3332,8 = 4757,8 \text{ см}^3.$$

Массу наплавленного металла найдем по формуле (5):

$$G_H = V_H \cdot \rho, \quad 5)$$

где ρ – плотность стали, равная 7,8 г/см³

$$G_H = 4757,8 \cdot 7,8 = 37110 \text{ г} = 37,2 \text{ кг}.$$

Расход сварочной проволоки найдем по формуле (6):

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата	Ине. № подл.	ДП.44.03.04.551 ПЗ				Лист
						Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{н}}(1+\psi),$$

б)

где ψ – коэффициент потерь, который для сварки под флюсом равен 0,01.

$$G_{\text{пр}} = 37(1+0,01) = 36,63 \text{ кг.}$$

Требуемое количество флюса находится по формуле (7):

$$G_{\phi} = 1,2G_{\text{пр}},$$

7)

$$G_{\phi} = 1,2 \cdot 36,63 = 43,96 \text{ кг.}$$

Толщина наплавки подсыла равна 6мм, что составляет 1/3 от всей толщины наплавки, поэтому:

$$G_{\text{Св-08Г2}} = 36,63/3 = 12,21 \text{ кг;}$$

$$G_{\text{Св-12Х13}} = 12,21 \cdot 2 = 24,42 \text{ кг;}$$

$$G_{\text{АН-22}} = 43,96/3 = 14,65 \text{ кг;}$$

$$G_{\text{ОК Flux 10.33}} = 14,65 \cdot 2 = 29,3 \text{ кг.}$$

1.7.4 Расчет режима наплавки

Расчет режима наплавки будет производиться по методике, описанной [9], применяя собственный практический опыт.

Для уменьшения нагрева основного металла наплавка будет производиться на постоянном токе обратной полярности.

Име. № подл.	Подп. и дата					ДП.44.03.04.551 ПЗ	Лист
Име. № дубл	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Име. № инв.	Изм.	24		

Чтобы обеспечить максимальную производительность примем диаметр сварочной проволоки, равный 5мм.

Рассчитаем ток наплавки по формуле (8):

$$I_H = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot a}{4}, \quad 8)$$

где d – диаметр электрода, мм;

a – плотность тока. При наплавке под слоем флюса значение плотности тока принимают равным 25-40 А/мм².

Для уменьшения перемешивания металла, с целью снижения появления трещин, примем значение плотности тока, равное 30 А/мм².

$$I_H = \frac{3,1416 \cdot 5^2 \cdot 25}{4} = 590 \text{ А.}$$

Вычислим напряжение на дуге по формуле (9):

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_H}{\sqrt{d}}. \quad 9)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 590}{\sqrt{5}} = 34 \text{ В.}$$

Определим скорость наплавки по выражению (10):

$$V_{\text{нап}} = \frac{A}{I_{\text{св}}}, \quad 10)$$

где A – константа, зависящая от диаметра электрода, $A = d^2 \cdot 10^3$.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист 25
	Инв. № дубл				
	Взаим. инв. №				
	Подп. и дата				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-	ДП.44.03.04.551 ПЗ

$$V_{\text{нап}} = \frac{5^2 \cdot 10^3}{590} = 42 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Рассчитаем скорость подачи проволоки по формуле (11):

$$V_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{св}} \cdot \alpha_{\text{н}} \cdot S_{\text{в}} \cdot 4}{\pi d^2 \rho}, \quad (11)$$

где $S_{\text{в}}$ – площадь поперечного сечения валика.

$$S_{\text{в}} = b \cdot h \cdot k, \text{ мм}^2,$$

где b – ширина наплавленного валика,

h – высота наплавленного валика,

k – коэффициент, учитывающий отклонения площади наплавленного валика от площади прямоугольника, равный 0,7 – 0,8

Толщину наплавленного слоя примем равную 3мм.

Ширина наплавленного валика равна:

$$b = (2-4)d_3,$$

$$b = 3,5 \cdot 5 = 17,5 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{в}} = 17,5 \cdot 3 \cdot 0,8 = 42 \text{ мм}^2$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{42 \cdot 42 \cdot 11 \cdot 4}{3,1416 \cdot 5^2 \cdot 7,8} = 128 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Определим вылет электрода:

$$l_3 = 10d_3 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ мм.}$$

Шаг наплавки принимается:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

$$S_{\text{нап}} = (2 - 2,5)d_3.$$

Для обеспечения перекрытия 1/3 ширины предыдущего валика:

$$S_{\text{нап}} = 2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ мм.}$$

Величина смещения электрода (смещение «от зенита») примем:

$$E = 0,05D, \text{ мм,}$$

где D – диаметр наплавляемой детали.

$$E = 0,05 \cdot 600 = 30 \text{ мм.}$$

Высоту флюса примем 40 мм.

В таблице 10 приведены основные параметры режима наплавки.

Таблица 10 – Параметры режима наплавки под флюсом

Диаметр электрода, мм	5
Ток, А	590
Полярность	обратная
Напряжение, В	34
Скорость сварки м/ч	42
Вылет электрода, мм	50
Скорость подачи проволоки м/ч	128
Смещение «от зенита», мм	30
Высота флюса, мм	40

1.7.5 Операции после сварки

Для улучшения качества наплавки рабочего слоя, деталь, после наплавки подслоя, отправляется на промежуточную термообработку для снятия сварочных

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

напряжений. Колесо подвергается отпуску при температуре 580 - 600⁰С и выдерживается в течение 8 часов. Изделие охлаждается вместе с печью до температуры 300⁰С. Затем охлаждение выполняется на воздухе.

После проведения термообработки деталь подвергается дробеструйной очистке.

Данное решение позволит смягчить наплавленный металл, снять напряжение с основного металла и очистить поверхность для проведения визуального контроля и последующей наплавки.

Дефекты, выявление при контроле, удаляются слесарным способом и завариваются электродами УОНИ 13/65, диаметром 3мм.

После окончания наплавки рабочего слоя колеса требуется обеспечить медленное охлаждение детали – укрыть в два слоя асбестовым полотном.

Далее проводится визуальный контроль, исправление выявленных недопустимых дефектов и термическая обработка (отпуск при температуре 500⁰С, выдержка в течении 8 часов, остывание в печи до 300⁰С с последующим остыванием на воздухе). Это обеспечит снятие сварочных напряжений, стабилизирует структуру металла и обеспечит требуемую твердость в 350 НВ.

После термической обработки деталь требуется механически обработать с припуском 1 мм на радиус. Далее производится визуальный контроль для выявления дефектов наплавки (пор, трещин) с применением лупы. Выявленные дефекты удаляются слесарным способом и завариваются электродами УОНИ-13/НЖ, диаметром 3мм. В случае, если дефекты глубиной более 3 мм и общей площадью более 15% поверхности наплавки, то после исправления производится повторная термическая обработка.

Если дефекты не были обнаружены (были исправлены), то деталь проходит окончательную механообработку в соответствии с требованиями чертежа и подвергается, впоследствии, магнитопорошковой дефектоскопии комплектом оборудования, замерам твердости и разметке. Если результаты МПД соответствуют

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

требованиям, твердость имеет значение 350 НВ, размеры соответствуют требованиям чертежа, то колесо допускается в дальнейшую эксплуатацию.

1.7.6 Пооперационное описание технологии наплавки кранового колеса

Общие технические условия.

1. При производстве наплавки руководствоваться требованиями конструкторской, технологической и НТД на данное изделие и вид наплавки.

2. Основные металлические материалы должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов, технических условий и подтверждаться результатами входного контроля.

3. Все поступающие на наплавку детали должны иметь маркировку и/или сопроводительную документацию, подтверждающую их соответствие конструкторской документации и их приемку службой технического контроля.

4. Все наплавочные материалы перед наплавкой должны пройти входной контроль качества согласно требований и иметь свидетельство НАКС (ПТО). Марка сварочных материалов должна соответствовать требованиям чертежа и технического процесса на изготовление изделия. Номер сертификата, партии, плавки сварочных материалов, используемых при наплавке, должны быть отражены в паспорте или сопровождающей документации на изделие и заверяться клеймом технического контроля. Обезличенные материалы применять категорически запрещается.

5. При выполнении наплавки должно применяться исправное сварочное оборудование, аттестованное в НАКС (ПТО), обеспечивающее соблюдение режима наплавки, заданных технологическим процессом, а также иметь годные, со штампом проверки, контрольно-измерительные приборы (амперметр, вольтметр и др.), обеспечивающие контроль заданных режимов наплавки. Результаты приемки сварочного оборудования и контрольно-измерительных приборов должны быть отражены в журнале контроля сварочного оборудования.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

6. К выполнению наплавочных работ допускаются сварщики не ниже 5-го разряда, аттестованные в НАКС и имеющие удостоверение установленной формы.

7. К наплавочным работам приступать только после контроля детали на соответствие требованиям чертежа и разрешения ТК на наплавку.

8. Поверхности под наплавку должны быть зачищены до металлического блеска от ржавчины, окалины, масла, грязи, краски и других загрязнений, а также обезжирены уайт-спиритом. Подготовка поверхности под наплавку должна быть принята ТК с отметкой.

9. Подготовку ходовых колес к наплавке произвести согласно требованиям чертежа. Результаты контроля поверхности приложить к настоящей технологии. Ходовые колеса с оставшейся толщиной реборды меньше 12 мм к наплавке не допускаются и бракуются (ГОСТ 28648)

10. Недопустимыми дефектами наплавленного металла, выявленными внешним осмотром, являются:

- трещины всех размеров и направлений;
- скопление пор в количестве более 5 штук на 1 кв. см площади наплавленного металла, при этом максимальный размер любой из пор не должен быть более 1мм.

001 Установка и подготовка изделия, выверка биения, проверка оборудования.

Установить изделие на вращатель наплавочной установки и надежно его закрепить с помощью кулачков патрона и центра задней бабки. Допускаемое радиальное биение установленного изделия не более 1.5 мм. Поверхность изделия под наплавку очистить от загрязнений, обезжирить и протереть ветошью насухо. Проверить работоспособность сварочного оборудования для автоматической наплавки. Работа на неисправном оборудовании – запрещена.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Оборудование и инструмент: приспособление для замера биения (стойка с указателем, штангенциркуль), уайт-спирт, ветошь.

002 Предварительный подогрев.

Перед началом наплавки произвести предварительный подогрев изделия до температуры 200 – 250 °С. Подогрев производить при непрерывном вращении изделия. Подогрев выполнять газопламенной горелкой на стойке. При проведении газопламенных работ соблюдать правила безопасности. Контроль температуры подогрева производить пирометром.

Оборудование и инструмент: газопламенная горелка на стойке, пирометр ST 60 Pro, вращатель установки для наплавки тел вращения.

003 Контрольная.

Контролеру ОТК контролировать:

- отметку о выполнении механической обработки и годности МПД;
- биение колеса;
- чистоту поверхности под наплавку;
- исправность оборудования по журналу проверки сварочного оборудования;
- температуру подогрева;
- дату поверки измерительного инструмента и приборов.

Выполнить отметку о проведении контроля в сопроводительный документ к изделию.

004 Наплавка подготовительного слоя.

Выполнить автоматическую наплавку под слоем флюса в соответствии с режимом, приведенным в таблице 11. Контролировать температуру подогрева колеса на уровне 200-250°С. Выполнять послойную зачистку наплавленных валиков от шлака и флюса. Контролировать отсутствие дефектов на каждом слое наплавки.

Ине. № дубл	Ине. № дубл	Ине. № дубл	Ине. № дубл	Ине. № дубл
Ине. № инв. №	Ине. № инв. №	Ине. № инв. №	Ине. № инв. №	Ине. № инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подл.	Ине. № подл.	Ине. № подл.	Ине. № подл.	Ине. № подл.

Таблица 11 – Режим наплавки подготовительного слоя

Сварочная проволока	Св-08ГА, диам. 5мм
Флюс	АН-22
Диаметр электрода, мм	5
Ток, А	590
Полярность	обратная
Напряжение, В	34
Скорость сварки м/ч	42
Вылет электрода, мм	40
Скорость подачи проволоки м/ч	128

Наплавку реборд проводить с наклоном сварочной головки под углом 30° и установкой на сыпной рукав удерживающего козырька, обеспечивая удержание флюса в зоне горения дуги.

Наплавку производить до обеспечения толщины подслоя 5-6 мм на поверхностях катания и реборд.

ОТК контролировать температуру подогрева, соблюдение режима сварочных работ, толщину наплавленного слоя.

Оборудование и инструмент: Установка для автоматической наплавки под флюсом У-85, сварочный автомат АД-231, газопламенная горелка на стойке, пирометр ST 60 Pro, удерживающий козырек, молоток, щетка металлическая, рулетка, линейка.

005 Термическая обработка, дробеструйная очистка.

После наплавки подслоя изделие отправить на термическую обработку по режиму:

- нагрев в печи до температуры 580-600°С;
- выдержка в течении 8 часов;
- остывание в печи до температуры 300°С;
- дальнейшее остывание на воздухе.

После термообработки произвести дробеструйную очистку колеса до полного удаления окалины, грязи, шлака и остатков флюса.

006 Контрольная.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Контролеру ОТК контролировать с отметкой в сопроводительной документации:

- отметку ТК о проведении т/о и д/о;
- отсутствие недопустимых дефектов на наплавленной поверхности;
- чистоту поверхности для выполнения дальнейшей наплавки.

007 Исправление дефектов.

Выявленные при ВИК и МПД дефекты удалить слесарным путем до «здорового» металла. Заварить электродами УОНИ 13/65, диаметром 3мм. Ток сварки - $I_{св} = 100-130A$. Зачистить. Предъявить ОТК.

008 Наплавка рабочего слоя.

Наплавку производить после предварительного подогрева изделия до температуры 200-250°C.

Выполнить автоматическую наплавку под слоем флюса в соответствии с режимом, приведенным в таблице 12. Контролировать температуру подогрева колеса на уровне 200-250°C. Выполнять послойную зачистку наплавленных валиков от шлака и флюса. Контролировать отсутствие дефектов на каждом слое наплавки.

Наплавку реборд проводить с наклоном сварочной головки под углом 30° и установкой на сыпной рукав удерживающего козырька, обеспечивая удержание флюса в зоне горения дуги.

Наплавку производить до обеспечения размеров чертежа (эскиз наплавки), обеспечивая припуск под механообработку не менее 3 мм на ребордах и не менее 5 мм на поверхности катания.

ОТК контролировать температуру подогрева, соблюдение режима сварочных работ, толщину наплавленного слоя.

Таблица 12 – Режим наплавки рабочего слоя

Сварочная проволока	Св-12Х13
Флюс	OK Flux 10.33
Диаметр электрода, мм	5
Ток, А	590
Полярность	обратная
Напряжение, В	34

Ине. № подл.	Ине. № дубл	Взаим. инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата
--------------	-------------	---------------	--------------	--------------

Скорость сварки м/ч	42
Вылет электрода, мм	40
Скорость подачи проволоки м/ч	128

Оборудование и инструмент: Установка для автоматической наплавки под флюсом У-85, сварочный автомат АД-231, газопламенная горелка на стойке, пирометр ST 60 Pro, удерживающий козырек, молоток, щетка металлическая, рулетка, линейка.

009 Зачистка после сварки.

Места наплавки зачистить от шлака, остатков флюса для обеспечения ВИК.

Инструмент: щетка металлическая

010 Маркировка.

Маркировать в соответствии с ТТ чертежа ударным способом.

011 Контрольная.

Контролеру ОТК контролировать с отметкой в сопроводительном документе:

отсутствие недопустимых дефектов в наплавленном слое; качество зачистки; маркировку.

012 Исправление дефектов.

Выявленные при ВИК и ККД дефекты удалить слесарным путем до «здорового» металла. Заварить электродами УОНИ 13/НЖ, диаметром 3мм. Ток сварки - $I_{св} = 100-130А$. Зачистить. Предъявить ОТК.

013 Термическая обработка, дробеструйная очистка.

После наплавки рабочего слоя изделие отправить на термическую обработку по режиму:

- нагрев в печи до температуры 500°C;
- выдержка в течении 8 часов;
- остывание в печи до температуры 300°C;
- дальнейшее остывание на воздухе.

После термообработки произвести дробеструйную очистку колеса до полного удаления окалины, грязи, шлака и остатков флюса.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

014 Контрольная окончательная.

При возврате детали контролеру ОТК контролировать с отметкой в сопроводительном документе:

- отметку ТК о проведении т/о и д/о;
- отсутствие недопустимых дефектов на наплавленной поверхности;
- твердость наплавленной поверхности должна соответствовать значению 350 НВ;
- толщину наплавленного слоя и наличие припуска под м/о.

После предварительной механообработки с припуском 1 мм на диаметр провести ВИК на отсутствие недопустимых дефектов.

После окончательной механообработки произвести ККД поверхностей наплавки, разметку и замеры твердости.

Инструмент и оборудование: твердомер HLN-11А, пенетрант, очиститель, проявитель, ветошь, лупа, рулетка.

1.8 Установка для наплавки

Установка для автоматической наплавки под слоем флюса состоит из сварочного автомата АД-231 и комплекса вспомогательного оборудования, оснащенный балкой для перемещения сварочной головки, передвижным вращателем.

Сварочный автомат АД-231, рисунок 1, используется для автоматической дуговой сварки и наплавки слоя металла на поверхность изделия электродной проволокой под слоем флюса при постоянном токе.

Сварочный комплекс позволяет рационально расположить сварочный автомат, чтобы в полной мере использовать его не только с целью наплавки крановых колес. Перемещение автомата обеспечивается электродвигателем по направляющей балке. Вращатель обеспечивает движение изделие вокруг оси, а также горизонтальное перемещение по заданным скоростям.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ



Рисунок 1 - Автомат АД-231

Технические данные установки и автомата приведены в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Технические данные установки для наплавки тел вращения

Диаметр наплавляемого изделия, мм		
Минимальный		250
Максимальный		1500
Длина наплавляемого изделия, мм		
Минимальная		400
Максимальная		12000
Масса изделия, кг		
Минимальная		40
Максимальная		75000
Грузоподъемность вращателя, кг		37500
Частота вращения изделия с плавным регулированием, мин ⁻¹		
Минимальная		0,1
Максимальная		1,2
Маршевая частота вращения, мин ⁻¹		4,2
Скорость наплавки, м/час		
Минимальная		4
Максимальная		60
Грузоподъемность задней бабки, кг		37500
Скорость перемещения задней бабки, м/мин		3
Скорость перемещения пиноли, мм/мин		214
Ход пиноли, мм		250
Грузоподъемность крана, кг		250

Окончание таблицы 13

Высот подъема, м		6
Скорость подъема, м/мин		8
Скорость перемещения крана, м/мин		29
Перемещение крана, мм		18500
Угол поворота консоли, градус		300
Вылет консоли, мм		3200

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. инв. № | Инв. № дубл | Подп. и дата

Габаритные размеры, мм	21880x6866
Масса, кг	58200

Таблица 14 – Технические характеристики автомата АД-231

Номинальный ток, А	1200
Рабочая скорость перемещения, м/час	
Минимальная	6
Максимальная	58
Маршевая скорость перемещения автомата, м/час	800
Скорость подачи электродной проволоки, м/час	
В 1 диапазоне	5-50
Во 2 диапазоне	23-230
Вертикальный ход механизма подъема, мм	700
Скорость механизма подъема, м/час	24
Скорость поперечных колебаний, м/час	
Минимальная	29
Максимальная	116
Емкость флюсобункера, дм ³	55
Мощность электродвигателя, кВт	3
Габаритные размеры	1090x860x2350
Масса, кг	310

Источник питания, применяемый в комплекте с автоматом - ВДУ-1250.

Технические данные приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики ВДУ-1250

Питание сети	380 В, 50Гц, 3 фазы
Номинальный сварочный ток, А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	250-1250
Пределы регулирования сварочного напряжения, В	24-44
Напряжение холостого хода, В	55
Потребляемая мощность, кВт	75
Масса, кг	520
Габариты, мм	790x610x1410

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Лист

37

2 Технико-экономическое обоснование

Данные для технико-экономического обоснования проекта были получены в ПАО «Уралмашзавод».

Программа выпуска – 300 шт. в год.

2.1 Расчет себестоимости базового варианта

Расход материалов для сварки:

-Сварочная проволока Св-08Г2С диам. 1,2 мм, кг – 42,74;

-Защитный газ Ar+CO₂, кг – 51,3;

-Электроды УОНИ – 13/55 диаметр 3 мм, кг – 0,6.

Оптовая цена расходных материалов:

-Сварочная проволока Св-08Г2С диам. 1,2 мм – 61 руб/кг;

Электроды УОНИ – 13/55 диаметр 3 мм – 88 руб/кг;

-Защитный газ Ar+CO₂ – 38 руб/кг.

Расчет технологической себестоимости изделия. Затраты на наплавляемый металл Z_n , руб., вычисляют по формуле (11):

$$Z_n = \sum_{i=1}^m K_{pi} q_{ni} C_{ni} \left(1 + \frac{P_{m3}}{100}\right), \quad (11)$$

где K_{pi} – расходный коэффициент i -го материала;

q_{ni} – масса нанесенного металла, кг;

C_{ni} – оптовая цена проволоки, руб./кг;

P_{m3} – транспортно – заготовительные работы, %;

m – количество видов проволок.

$$Z_n = 42,74 \cdot 61 \cdot (1 + 25/100) = 3560 \text{ руб.}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата	ДП.44.03.04.551 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-		38

Затраты на газы Z_g , руб., вычисляют по формуле (12):

$$Z_g = \sum_{i=1}^m H_i C_i \left(1 + \frac{P_{m3}}{100}\right), \quad (12)$$

где H_i – расход газа, кг;

C_i – оптовая цена газа, руб./кг;

P_{m3} – транспортно – заготовительные работы, %;

m – количество видов применяемых газов.

$$Z_g = 51,3 \cdot 38 \cdot (1 + 25/100) = 2437 \text{ руб.}$$

Затраты на технологическую электроэнергию Z_m , руб., вычисляют по формуле (13):

$$Z_m = \frac{C_{эн} \cdot q_{ni}}{1000} \left(\frac{I_{св} U_d t_o \eta}{100} + W_{х.х.} (t_{шк} - t_o) \right), \quad (13)$$

где $C_{эн}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт;

q_{ni} – коэффициент потерь в электрической сети;

I – ток, А;

U – напряжение, В;

η – КПД источника питания;

t_o – основное время сварки, ч;

$W_{х.х.}$ – мощность холостого хода источника питания, Вт;

$t_{ш.к.}$ – штучно – калькуляционное время операции сварки, ч.

$$Z_m = \frac{6 \cdot 1,05}{1000} \left(\frac{340 \cdot 32 \cdot 16,23 \cdot 80}{100} + 2(32,46 - 16,23) \right) = 890 \text{ руб.}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

Заработную плату производственных рабочих $Z_{пр}$, руб., вычисляют по формуле (14):

$$Z_{пр} = K_p \cdot K_{доп} \cdot K_{сс} \cdot C_{тар} \cdot t_{шк} \quad (14)$$

где K_p – районный коэффициент;

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$K_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в единый социальный фонд;

$C_{тар}$ – часовая тарифная ставка, руб./ч;

$t_{ш.к.}$ – штучно – калькуляционное время операции сварки

$$Z_{пр} = 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,26 \cdot 168 \cdot 32,46 = 10272 \text{ руб.}$$

Расходы по содержанию оборудования. Общая стоимость оборудования составляет 1300000 руб.

Затраты на амортизационные отчисления Z_a , руб., вычисляют по формуле (15):

$$Z_a = \frac{C_{об} a t_{шк}}{F_d K_z K_{вн} \cdot 100} \quad (15)$$

где $C_{об}$ – стоимость оборудования, руб.;

a – нормативный коэффициент амортизационных отчислений, %;

F_d – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

K_z – коэффициент загрузки оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$ – штучно – калькуляционное время операции сварки, ч.

$$Z_a = \frac{1300000 \cdot 1,13 \cdot 32,46}{1800 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 100} = 368 \text{ руб.}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

Зарботную плату ремонтных рабочих Z_{pp} , руб., вычисляют по формуле (16):

$$Z_{pp} = K_p K_{доп} K_{сс} C_{тар} \frac{T_p t_{шк}}{F_d K_{вн} K_z}, \quad (16)$$

где K_p – районный коэффициент;

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$K_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в единый социальный фонд;

$C_{тар}$ – часовая тарифная ставка, руб./ч;

T_p – трудоемкость ремонтных рабочих, ч;

K_z – коэффициент загрузки оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$ – штучно – калькуляционное время операции, ч.

$$Z_{pp} = 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,26 \cdot 120 \cdot \frac{100 \cdot 32,46}{1800 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 566 \text{ руб.}$$

Материальные затраты на ремонт оборудования Z_p , руб., вычисляют по формуле (17):

$$Z_p = Z_{pp} K_p \quad (17)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий материальные затраты на ремонт оборудования.

$$Z_p = 566 \cdot 0,5 = 283 \text{ руб.}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

Затраты на износ малоценных инструментов и быстроизнашивающихся приспособлений Z_N , руб., вычисляют по формуле (18):

$$Z_N = \frac{t_{шк} h_{nc}}{K_{вн}}, \quad (18)$$

где h_{nc} – средние затраты на инструмент за один час эксплуатации оборудования, руб/час;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

$t_{ш.к.}$ – штучно – калькуляционное время операции, ч.

$$Z_N = \frac{32,46 \cdot 1,4}{0,9} = 50 \text{ руб.}$$

Затраты на освещение $Z_{л.}$, руб., вычисляют по формуле (19):

$$Z_{л.} = \frac{\Pi_{э} h N n t_{шк}}{1000}, \quad (19)$$

где $\Pi_{эн}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт;

n – количество осветительных приборов, шт;

N – средняя мощность элементов освещения, кВт.

$$Z_{л.} = \frac{6 \cdot 1,05 \cdot 12 \cdot 700 \cdot 32,46}{1000} = 1717 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 н/ч механической обработки колеса на ПАО «Уралмашзавод» составляет 1170руб/ч. Трудозатраты на механическую обработку перед наплавкой – 1,4 н/ч, после наплавки – 2,5 н/ч. Общая стоимость механообработки:

$$Z_{м/о} = (1,4+2,5) \cdot 1170 = 4563 \text{ руб.}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

Стоимость термической обработки на ПАО «Уралмашзавод» зависит от массы изделия и составляет 18000 руб/т. Масса колеса, согласно КД, равна 207 кг, поэтому затраты на термообработку будут равны:

$$Z_{т/о} = 0,207 \cdot 18000 = 3726 \text{ руб.}$$

Себестоимость наплавки кранового колеса в базовом варианте приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Себестоимость базового варианта

Статьи себестоимости	Сумма, руб
Материалы	
Проволока, электроды	3560
Газ	2437
Технологическая электроэнергия	
Энергия для сварки	890
Энергия для освещения	1717
Заработная плата основных рабочих	10272
РСЭО	
Амортизационные отчисления	368
Заработная плата ремонтных рабочих	566
Материальные затраты на ремонт оборудования	283
Износ быстроизнашивающихся инструментов	50
Термическая обработка	3726
Механическая обработка	4563
Итого: технологическая себестоимость	28432

2.2 Расчет себестоимости проектного варианта

Расход материалов для сварки:

- Сварочная проволока Св-08ГА диам. 5 мм, кг – 12,95;
- Сварочная проволока Св-12Х13 диам. 5 мм, кг – 25,9;
- Флюс АН-22, кг – 15,54;
- Флюс ОК Flux 10.33, кг – 31,08;

Оптовая цена расходных материалов:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Лист

43

- Сварочная проволока Св-08ГА диам. 5 мм, руб/кг – 71;
- Сварочная проволока Св-12Х13 диам. 5 мм, руб/кг – 143;
- Флюс АН-22, руб/кг – 76;
- Флюс ОК Flux 10.33, руб/кг – 89;

Затраты на наплавляемый металл Z_H :

$$Z_{H1} = 12,21 \cdot 71 \cdot (1+25/100) = 1083 \text{ руб.}$$

$$Z_{H2} = 24,42 \cdot 143 \cdot (1+25/100) = 4365 \text{ руб.}$$

$$Z_H = 5448 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс Z_ϕ :

$$Z_\phi = 76 \cdot 14,65 \cdot (1+25/100) = 1391 \text{ руб.}$$

$$Z_\phi = 89 \cdot 29,3 (1+25/100) = 3259 \text{ руб.}$$

$$Z_\phi = 4650 \text{ руб.}$$

Время выполнения сварочной операции рассчитывается по формуле (20):

$$T_{ш.к.} = t_0 / K_{п}, \tag{20}$$

где t_0 – полное время сварки,

$K_{п}$ – коэффициент использования сварочного поста, равный 0,6.

$$t_0 = \frac{G_H}{a_H I_H}, \text{ ч.}$$

$$t_0 = \frac{32700}{12,77 \cdot 590} = 4,93, \text{ ч.}$$

$$T_{ш.к.} = 4,93 / 0,6 = 8,21 \text{ ч.}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Затраты на освещение $Z_{л}$:

$$Z_{л} = \frac{6 \cdot 1,05 \cdot 12 \cdot 700 \cdot 8,21}{1000} = 434 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки:

$$Z_{м/о} = (1,4+2,5) \cdot 1170 = 4563 \text{ руб.}$$

Стоимость термической обработки:

$$Z_{т/о} = 3726 \text{ руб.}$$

Себестоимость наплавки кранового колеса в базовом варианте приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Себестоимость проектного варианта

Статьи себестоимости	Сумма, руб
Материалы	
Проволока, электроды	3560
Газ	2437
Технологическая электроэнергия	
Энергия для сварки	890
Энергия для освещения	1717
Зарплата основных рабочих	10272
РСЭО	
Амортизационные отчисления	63
Зарплата ремонтных рабочих	86
Материальные затраты на ремонт оборудования	43
Износ быстроизнашивающихся инструментов	13
Термическая обработка	3726
Механическая обработка	4563
Итого: технологическая себестоимость	22454

2.3 Расчет экономической эффективности

Ине. № подл.	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-	ДП.44.03.04.551 ПЗ	46			

Полная себестоимость изделия с учетом коммерческих расходов $C_{\text{кc}}$, руб., вычисляют по формуле (21):

$$C_{\text{кc}} = C_{\text{тc}} \cdot K_1, \quad 20)$$

где $C_{\text{тc}}$ – технологическая себестоимость, руб;
 K_1 – коэффициент, учитывающий накладные расходы и налоги.

$$C_{\text{кc.б.}} = 28432 \cdot 1,95 = 55442 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{кc.п.}} = 22454 \cdot 1,95 = 43785 \text{ руб.}$$

Стоимость годового выпуска:

$$C_{\text{г}} = n \cdot C,$$

где n – объем годового выпуска.
 C – полная себестоимость руб.

$$C_{\text{гбазов}} = 300 \cdot 55442 = 16632600 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{гпроект}} = 300 \cdot 45785 = 13735500 \text{ руб.}$$

Условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, руб., вычисляют по формуле (21):

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{п}})n, \quad 21)$$

где $C_{\text{б}}$ – полная себестоимость изделия в базовом варианте, руб;
 $C_{\text{п}}$ – полная себестоимость изделия в проектном варианте, руб;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инв. № дубл	Подп. и дата	Лист
ДП.44.03.04.551 ПЗ					47

n – объем годового выпуска.

$$\mathcal{E}_{\text{yr}} = 16632600 - 13735500 = 2897100 \text{ руб.}$$

Время окупаемости проекта T_o , руб., вычисляются по формуле (22):

$$T_o = I/\mathcal{E}_{\text{yr}} \quad (22)$$

где I – инвестиционные затраты, руб.

Капитальным вложением K , руб., является стоимость оборудования 1480000;

В стоимость оборудования включены транспортные расходы и пуско-наладочные работы:

$$T_o = 1480000/2897100 = 0,5 \text{ года.}$$

Помимо просчитанной экономической выгоды, следует учесть, что колеса, восстановленные по технологии проектируемого варианта, будут работать на 40% дольше, что сократит частоту ремонтных работ подъемно-транспортного оборудования на данном предприятии.

Технико-экономические показатели проекта приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Ед. изм.	До внедрения проекта	После внедрения
Годовой выпуск продукции	шт.	300	300
Полная себестоимость наплавки одного колеса	руб.	55442	43785
Себестоимость годового объема выпуска	руб.	16632600	13735500
Инвестиционные затраты	руб.	1300000	1480000
Годовая эффективность проекта	руб.	2897100	
Срок окупаемости проекта	год	0,5	

Име. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Име. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

На основании выполненных расчетов, следует сделать вывод, что при внедрении данного проекта предприятие не только повысит культуру труда, будет производить более долговечные крановые колеса намного выгоднее, чем по базовой технологии, но и уменьшит простой подъемно-транспортного оборудования, увеличив тем самым производительность труда и количество выпускаемой продукции.

3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология восстановления колеса мостового крана наплавкой. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической электродуговой наплавки кранового колеса на автоматическую наплавку под слоем флюса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена оборудования для наплавки, что позволяет использовать сварочные автоматы для производства процесса наплавки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда).

Целью методической части дипломного проекта является разработка учебно-программной документации для подготовки рабочих сварочного производства, с участием которых возможна реализация спроектированной в дипломном проекте технологии в условиях промышленного предприятия

Профессиональные стандарты применяются:

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;

- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

В таблице 21 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 21 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий,	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов с настройкой и регулировкой оборудования

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

	узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.	
--	--	--

Продолжение таблицы 21

1	2	3
Трудовые действия	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования. Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке. Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Выполнение настройки оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Выбор и регулировка режимов полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением с регулировкой параметров сварочного оборудования в процессе сварки. Проведение инструктажа специалистов, работающих на налаживаемых установках.</p>
Необходимые умения:	Проверять работоспособность и исправность сва-	Определять нарушения режимов по внешнему виду

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-

ДП.44.03.04.551 ПЗ

	<p>рочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки)</p>	<p>сварных швов. Выполнять настройку и регулировку оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, в том числе в процессе выполнения сварки. Настраивать устройства промышленной визуализации (тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические) и устройства</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 21

1	2	3
	<p>плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций. Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции. Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой)</p>	<p>слежения за процессом сварки. Выполнять наладку оборудования и приспособлений для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, устранять неисправности в их работе. Контролировать работу оборудования для механизированной и автоматической сварки плавлением с использованием контрольно-измерительных приборов и автоматики. Рассчитывать и измерять основные параметры электрических, магнитных и электронных цепей.</p>
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением. Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сваркой (наплавкой)</p>	<p>Конструкция оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением (электрические, кинематические схемы), причины возникновения неисправностей и способы их устранения. Тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические устройства промышленной визуализации сварочных процессов и слежения за сварочными процессами. Особенности настройки и регулировки оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки, в том числе</p>

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Лист

52

	<p>плавлением. Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций. Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p>	<p>в процессе выполнения сварки. Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях. Виды коррозии и факторы, приводящие к ее появлению. Функциональные и принципиальные электрические схемы, чертежи механизмов и узлов используемого оборудования. Основы металлографии сварных</p>
--	--	--

Окончание таблицы 21

1	2	3
	<p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций. Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>швов. Основные виды термической обработки сварных соединений.</p>
<p>Другие характеристики:</p>	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой проволокой; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.</p>	<p>Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые оператором с помощью полностью механизированных, автоматических устройств и аппаратов.</p>

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плав-

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

лением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 22. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 22 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		56
1.1	Основы экономики отрасли	4
1.2	Материаловедение	4
1.3	Основы электротехника	4

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Име. № дубл	Подп. и дата	<p>ДП.44.03.04.551 ПЗ</p>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-		54

1.4	Чтение чертежей	4
1.5	Спецтехнология	40
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		128
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	40
2.2	Работа на предприятии	88
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	194

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 23 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для автоматизированной сварки (наплавки)	2
2	Оборудование и материалы для автоматической сварки (наплавки) под слоем флюса	4
3	Устройство и основные узлы сварочного автомата	6
4	Типовые конструкции сварочной головки	6
5	Технология автоматизированной сварки (наплавки) под слоем флюса	8
5.1	Особенности автоматической сварки (наплавки) под слоем флюса	4
5.2	Режимы автоматизированной сварки (наплавки) под слоем флюса	4
6	Контроль качества сварных швов	4
7	Охрана труда	2
	Итого:	40

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

Лист

55

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана - конспекта урока

Тема урока «Оборудование для автоматической сварки (наплавки) под слоем флюса»

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний о видах и назначении видов оборудования для автоматической сварки под слоем флюса.

Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета

Тип урока: урок новых знаний

Методы обучения: словесный, наглядный, аналитический, объяснительно-иллюстративный.

Дидактическое обеспечение занятия:

- плакат: оборудование для автоматической сварки под слоем флюса
- учебник: В.С. Виноградов - «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки»

Таблица 24 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, прошу вас садиться, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата

Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки» Тема занятия: «Оборудование для автоматической сварки (наплавки) под слоем флюса» Цель нашего занятия: «Формирование знаний о видах оборудования для сварки под слоем флюса, их назначении».	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки? 2. Расскажите, какие типы сварочные материалы применяются при различных видах автоматической сварки?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.

окончание таблицы 24

Изложение нового материала 30 минут	<p>Оборудования для автоматической сварки под слоем флюса делится на два вида: основное – с помощью которого ведется сварка; вспомогательное – с помощью которого происходит установка и перемещение детали, сварочного автомата.</p> <p>Для выполнения сварки под слоем флюса предназначены подвесные сварочные автоматы и автоматы тракторного типа. В процессе сварки подвесные автоматы перемещаются вдоль шва по специальным направляющим, закрепленным над свариваемыми конструкциями. Сварочные тракторы могут перемещаться вдоль шва как по направляющим, так и непосредственно по конструкции.</p> <p>Вспомогательное оборудование имеет вид манипулятора, кантователя, вращателя, стола, площадки и т.д. Оно должно надежно и функционально позволить закрепить сварочный автомат и деталь, чтобы обеспечить полноценное использование оборудования для выполнения высококачественных сварных соединений.</p> <p>А теперь, чтобы понять и усвоить принадлежность каждого вида оборудования к определенным видам работ, попробуйте самостоятельно скомпоновать установку для сварки и наплавки следующих изделий, используя представленный плакат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сварка двутавровой балки (трактор, кантователь); - наплавка плоской поверхности поршня (вращатель, подвесной сварочный автомат); - сварка кольцевого шва обечайки (подвесной автомат, сварочная колонна, роликовый кантователь или сварочный трактор и роликовый кантователь); - наплавка кранового колеса (подвесной автомат, колонна, вращатель). 	<p>Прошу учащихся зафиксировать в тетрадях классификацию видов оборудования для автоматической сварки под флюсом.</p> <p>Записываем основные моменты.</p> <p>Обращаю внимание обучаемых на плакат.</p> <p>Обучаемые внимательно рассматривают оборудование. Анализируют компоненты и рассказывают применение выбранного оборудования для производства заданных</p>
--	--	--

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

	В качестве подсказки и наглядности используйте плакат, на котором изображены основные и вспомогательные виды сварочного оборудования.	изделий. Задают вопросы. Объясняю, привожу примеры. Прошу записать выбранное оборудование для каждого задания в тетрадь.
Выдача домашнего задания 10 минут	Теперь запишем домашнее задание, повторить §11.4. Автоматы для сварки под флюсом, по учебнику В.С. Виноградов - «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки»	Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе был оптимизирован технологический процесс восстановления крановых колес согласно с полученным заданием.

При выполнении дипломного проекта были поставлены и решены следующие задачи:

- изучена техническая литература по сварочному производству;
- проанализирована конструкция изделия, описано его значение, характер воздействия рабочей среды и другие условия эксплуатации;
- рассмотрены возможные трудности при сварке;
- дана оценка склонности стали к образованию горячих трещин;
- выполнен выбор способа сварки и сварочных материалов;
- выбрано необходимое оборудование для сварки;
- подобраны параметры режимов сварки и составлена карта технологического процесса.

В дипломном проекте произведен расчет экономической эффективности от внедрения проектируемых технологических решений, и разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

Име. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Име. № дубл	Подп. и дата	<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ДП.44.03.04.551 ПЗ</p>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-		59

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федулова М.А. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы / М.А. Федулова, Д.Х.Билалов. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. - 49 с.

2 Корчунов, А.Г. Механическое оборудование металлургических заводов / А.Г. Корчунов, Слободянский М.Г. – Магнитогорск: МГТУ, 2017 – 72с.

3 Смородинский, Я.Г. Сварка и диагностика на транспорте. Тезисы докладов форума / Сост.: Я.Г. Смородинский, М.П. Шалимов, Д.С. Бузорина, А.М. Фивейский. – Екатеринбург: УРФУ, 2017. – 85 с.

4 Темников, В.Г. Металлические конструкции [Электронный ресурс] / Темников В.Г. – Иркутск: ИГТУ, 2007 – 122 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

5 Зайцев, Е.И. Сварочные работы в строительстве. Конспект лекций, часть II [Электронный ресурс] / Зайцев Е.И., Назим Я.В., Бусько М.В. – Макеевка: ДонНАСА. – 2007. – 38 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

6 Колганов, Л.А. Сварочное производство: учебное пособие / Л.А. Колганов. - Ростов на Дону: Феникс, 2002. - 242с.

7 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С. Зубченко, Б.Г. Нефедьев. - 2-е издание доп. и испр. - М.: Машиностроение, 2003. 784с.

8 Сергеев, П.М. Справочник молодого электросварщика: справочное пособие / П.М. Сергеев. - М.: Высш. шк., 2004. - 134 с.

9 Катаев, Р.Ф. Расчет основных параметров режима механизированной сварки плавящимся электродом: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Р.Ф. Катаев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. - 37 с.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Ине. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

10 Банов, М.Д. Сварка и резка металлов: учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин. - М.: Академия, 2002. - 435 с.

11 Лузин, В.М. Технология конструкционных материалов. Раздел «Восстановление изношенных деталей». Часть 1: Методические указания к выполнению индивидуальных заданий [Электронный ресурс] / В. М. Лузин, А. В. Смольянинов. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2005. - 26 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

12 Малинов, В.Л. Структура и износостойкость хромомарганцевого наплавленного металла [Электронный ресурс] / Малинов, В.Л., Малинов Л.С. – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – 6 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

13 Волченко, В.Н. Сварка и свариваемые материалы: справочное пособие / В.Н. Волченко. - М. :Металлургия, 1991 .- 256 с.

14 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. – 2–е изд. доп и испр. - М.: Машиностроение, 2002. – 240 с.

15 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 2003. – 7с.

16 ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавные. Технические условия. – Введ. 1982-01-01. - М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1981. – 11с.

17 РД 24.090.97 – 98 Оборудование подъемно-транспортное. Требования к изготовлению, ремонту и реконструкции металлоконструкций грузоподъемных кранов. – Введ. 1998-08-03. – М.: ВНИИПТМАШ, 1998. – 41 с.

18 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. - Введ. 1986-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 22 с.

19 ГОСТ 28648-90 Колеса крановые. Технические условия. – Введ. 1991-30-06. – М.: Стандартиформ, 1990. – 7с.

20 ГОСТ 4121-96 Рельсы крановые. Технические условия. – Введ. 2002-07-01. – М.: Стандартиформ, 2002. – 16с.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Ине. № дубл
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм	Лист
№ докум.	Подп.
Да-	

21 ГОСТ 25835-83 Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы. – Введ. 1985-01-01. - М.: Стандартинформ, 1985. – 7с.

22 ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 32с.

23 ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014 Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 14 с.

24 Милютин, В.С. Источники питания для сварки [Электронный ресурс] / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М. Шанчуров. - М.: Высшее образование, 2007. – 384 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

25 Шоршоров, М.Х. Фазовые превращения и изменения свойств сталей при сварке [Электронный ресурс] / Шоршоров М.Х., Белов В.В. – М.: Наука, 1972, 219с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

26 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов ВУЗов [Электронный ресурс] / Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

27 Троицкий В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.П. Радько, В.Г. Демидко, В.А Троицкий. - Киев: Вища школа, 2003. - 144 с.

28 Шляпин, В. Б. Ремонт сваркой узлов и деталей железнодорожного подвижного состава [Электронный ресурс] / Емельянов Н. П., Крайчик М. М. - М.: Транспорт, 1975, 249с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

29 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций [Электронный ресурс] / Куркин С.А. - М.: Машиностроение, 1986. -327с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

Подп. и дата	
Име. № дубл	
Взаим. инв. №	
Подп. и дата	
Име. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-
-----	------	----------	-------	-----

ДП.44.03.04.551 ПЗ

30 Волченко, В.П. Контроль качества сварных конструкций [Электронный ресурс] / Волченко В.П. - М.: Машиностроение, 1986. - 155с. Режим доступа <http://studfiles.net/lib/> (Дата обращения 06.02.2017)

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата	ДП.44.03.04.551 ПЗ	Лист
Ине. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Ине. № дубл	Подп. и дата		Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Да-	ДП.44.03.04.551 ПЗ	63