

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология восстановления вала волочильной машины

Студент

И.В. Будкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., профессор А.И. Ковтунов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

В настоящее время условия работы отечественных предприятий характеризуются увеличением налоговой нагрузки, повышением стоимости комплектующих и запасных деталей. В связи с этим растёт актуальность восстановления изношенных деталей, которая в большой степени может заменить приобретение новых деталей.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки деталей типа валов.

На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене ручной дуговой наплавки штучными электродами на плазменную наплавку. За счёт замены способа восстановительной наплавки и предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки валов.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния восстановления валов волоочильных машин	7
1.1 Описание изделия и условий его работы	8
1.2 Сведения о материале изделия	9
1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки.	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	18
2 Проектная технология восстановительной наплавки	20
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки	20
2.2 Технология восстановительной наплавки	28
2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии	30
2.4 Планировка участка	32
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.	40
3.6 Заключение по разделу	41
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	42
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	49
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	56
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	60
Заключение по экономическому разделу	62
Заключение	64
Список используемой литературы	65

Введение

Снижение издержек в современном машиностроительном и приборостроительном производстве может быть достигнуто при повышении надёжности эксплуатируемого оборудования. Вот почему актуальными являются исследования в области восстановления и упрочнения деталей машин.

Подготовка производства машин и оборудования предусматривает решение большого числа технических и экономических вопросов. Одним из таких вопросов, решение которого должно быть получено уже на этапе подготовки производства, является организация ремонта эксплуатируемого оборудования. При этом следует обеспечивать поддержку стабильной работы оборудования в течение всего его жизненного цикла. В связи с этим актуальным является решение проблемы эффективного использования элементов оборудования и деталей машин, повышения эксплуатационной надёжности и качества ремонтных работ. Техническая готовность парка машин напрямую зависит от обеспеченности запасными частями [1, 2].

В настоящее время условия работы отечественных предприятий характеризуются увеличением налоговой нагрузки, повышением стоимости комплектующих и запасных деталей. В связи с этим растёт актуальность восстановления изношенных деталей, которая в большой степени может заменить приобретение новых деталей. Это объясняется тем, что проведение ремонта зачастую экономически более выгодно, чем покупка новых деталей. С точки зрения металлоёмкости ремонт деталей оборудования и транспорта требует меньших затрат материалов, чем выпуск новых деталей. Кроме того, проведение ремонта требует меньших временных затрат, чем изготовление новой детали. В связи с этим, организация ремонта будет экономически эффективнее, чем выпуск новых деталей. Таким образом, приоритетным направлением ресурсосбережения является восстановление работоспособности элементов оборудования и транспорта.

В настоящее время оборудование, которое имеется на предприятиях, не может обеспечить выполнение ремонта деталей машин с применением оптимальных способов и параметров режима. Для таких предприятий анализ альтернативных способов восстановления изношенных деталей и обоснование выбора оптимального для конкретной детали способа восстановления является весьма актуальным.

Эффективность ремонтных работ может быть повышена, а трудоёмкость – снижена, если применить новые, перспективные способы восстановления, к которым может быть отнесена плазменная наплавка. Этот способ восстановления деталей машин позволяет обеспечить увеличение сроков службы деталей [3, 4].

Существенный вклад в теоретическое обоснование выбора оптимального способа восстановления деталей оборудования и транспорта был внесён А.Н. Батищевым, М.Ю. Конкиным, В.И. Черноивановым и другими отечественными исследователями [5, 6, 7].

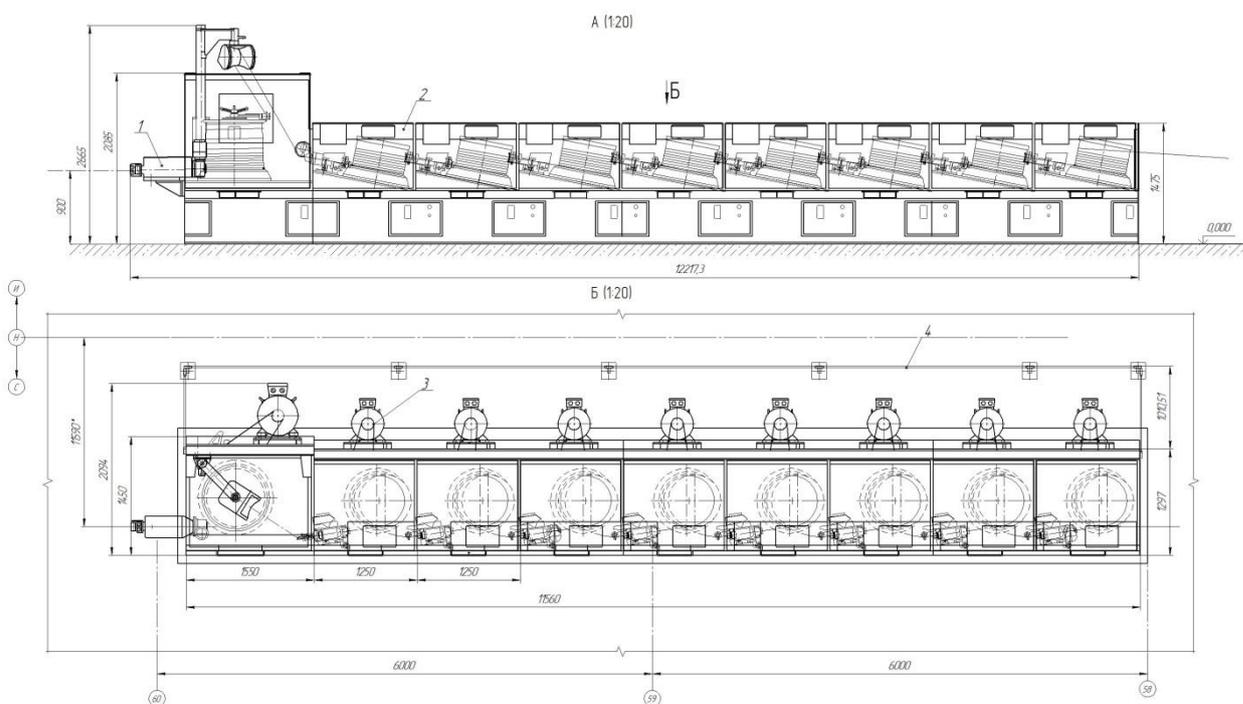
Ремонт оборудования может составлять существенную часть затрат предприятия на обеспечение технологического процесса, при этом приобретение запасных частей составляет приблизительно 50...70 % затрат на ремонт оборудования. Себестоимость же восстановленных деталей обычно не превышает 30...50 % цены новых деталей. При этом ресурс работы восстановленных деталей не только приближается к ресурсу работы новых деталей, но и может существенно превышать его. В связи с этим затраты на проведение капитального ремонта оборудования могут быть на 30...40 % снижены, если вместо покупных деталей использовать восстановленные [8].

На основании вышеизложенного следует признать актуальной темы выпускной квалификационной работы и сформулировать её цель – повышение эффективности восстановления вала волочильной машины. Достижение поставленной цели должно предусматривать использование современных достижений в области восстановления деталей машин.

1 Анализ современного состояния восстановления валов волоочильных машин

1.1 Описание изделия и условий его работы

Обработка металла методом волочения выполняется на волочильном стане (рис. 1). На таком оборудовании металлическая заготовка протягивается через отверстия, диаметры которых меньше, чем диаметр заготовки. При этом происходит обжатие заготовки, уменьшение её сечения и увеличение длины.



1- мыльница, 2 – защита, 3 – электродвигатель, 4 - ограждение

Рисунок 1.1 – Машина волочильная (пр-ва «КОСН», Германия)

При этом достигаются следующие положительные эффекты:

- существует возможность обеспечивать высокую точность сечения готовой продукции;

- достигается высокое качество состояния поверхности конечного изделия (шероховатость, чистота, внешний вид);
- увеличивается предел текучести и прочности изделия (происходит его упрочнение);
- повышается поверхностная твёрдость изделия (сопротивление смятию).

Основным элементом оборудования волочильного стана является редуктор, в состав которого входит вал-шестерня (рис. 1.2).

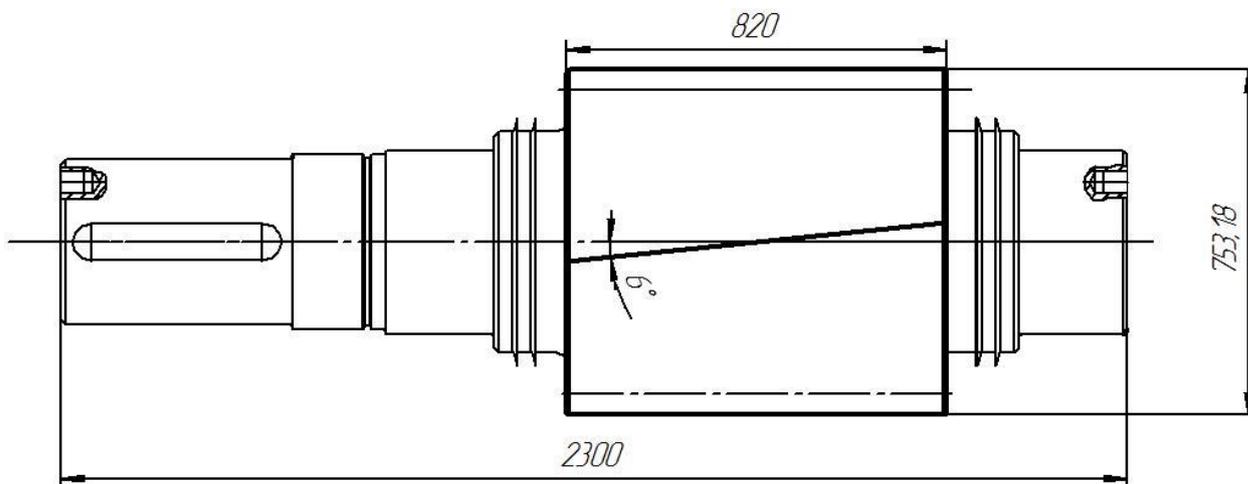


Рисунок 1.2 – Вал-шестерня

Вал-шестерня подвергается интенсивному износу, который наблюдается в основном в месте зацепления шестерни с венцом (табл. 1.1). Поскольку вращение происходит равномерное и не изменяется по направлению, износ боковой поверхности зуба шестерни – односторонний.

Таблица 1.1 – Характеристика дефектов износа вала-шестерни

Вид дефекта	Коэффициент повторяемости дефекта	
	Доля дефекта в поступивших на дефектацию деталях	Доля дефекта в признанных ремонтпригодными деталях
Износ наружной поверхности под шестерню	0,4	0,6
Износ посадочных поверхностей под подшипники	0,3	0,5

В числе основных причин износа зубьев вал-шестерни можно отметить следующие:

- недостаточная точность изготовления вал-шестерни;
- нарушение соосности венца и вал-шестерни;
- нарушение смазки редуктора;
- проведение технического обслуживания и ремонта ненадлежащим образом.

Замена зубчатых колёс и вал-шестерён должна выполняться в случае, когда износ зубьев составляет более 30 % для любых передач с чугунными колесами и открытых передач со стальными колесами [9].

1.2 Сведения о материале изделия

Вал-шестерня изготавливается из легированной стали 34ХН3М. Эта сталь применяется для изготовления деталей машин, которые имеют большие габариты и должны соответствовать высоким требованиям по механическим свойствам.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 34ХН3М

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Молибден
0,3 – 0,4	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	2,75 – 3,25	до 0,035	до 0,03	0,7 – 1,1	0,25 – 0,4

Таблица 1.3 – Механические свойства стали 34ХН3М

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ	ψ	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Поковки	100 - 300		785	640	12	38	490	Нормализация

При сварке конструкций из стали 34ХН3М в околошовной зоне образуются холодные трещины. Уменьшение склонности к образованию холодных трещин возможно при снижении количества углерода и введении легирующих элементов в металл шва, что, в свою очередь, приводит к повышению вероятности получения в нём горячих трещин. В связи с этим следует признать проблематичным получение сварного соединения

надлежащего качества, которое имело бы равноценные свойства с основным металлом [3, 10, 11].

Влияние легирующих элементов на свариваемость сталей часто имеет решающее значение. Конечно, на свариваемость сталей влияет и толщина свариваемых металлов и вид сварки и температура окружающей среды и чёткое соблюдение технологии сварки.

Даже плохо свариваемые стали можно успехом сваривать, если обеспечить нужную интенсивность нагрева, и охлаждения. А также, провести термообработку до и после сварки. И, наоборот, стали, сваривающиеся без ограничений, можно сварить с множеством дефектов в сварном шве.

При сварке конструкций из стали 34ХН3М возникают следующие трудности:

- 1) высокая вероятность получения холодных трещин в околошовной зоне;
- 2) высокая вероятность получения кристаллизационных трещин в металле шва;
- 3) разупрочнение металла шва и околошовной зоны.

Образование холодных трещин происходит в процессе выполнения сварки, также холодные трещины могут получаться и после выполнения сварки и наплавки. Температура образования холодных трещин достаточно низкая, не превышает 200...250 °С, что отличает их от горячих трещин, которые образуются при высоких температурах.

Холодные трещины могут быть как поперечными, так и продольными. Наиболее частым местом, в которых зарождается холодная трещина, является корень сварного шва. Также зарождение холодной трещины может происходить в месте стыка сварного валика и основного металла. Следующим по распространённости является зона термического влияния, в которой также могут зародиться и развиваться холодные трещины. Образование холодных трещин не обязательно протекает на поверхности металла. С таким же успехом трещина может образоваться внутри металла и иметь сравнительно малую протяжённость. Обнаружение внутренних

холодных трещин затруднено, так как проникающие реактивы, применяемые для контроля сварных швов, не чувствительны к таким дефектам сварного шва.

Основным отличием холодных трещин от горячих по внешнему виду является их малая разветвлённость и раскрытость. Поверхностные трещины, открытые для доступа воздуха, остаются неокисленными и приобретают коричневый, или голубой цвет. Подобные трещины образуются, в основном, при сварке высокопрочных сталей.

Формирование холодных трещин после выполнения сварочных операций происходит при условии соблюдения следующих трёх причин:

- 1) Металла сварного шва и зоны термического влияния обладает высокой чувствительностью к водороду. В частности, высокой чувствительностью к водороду будет обладать структура мартенсита, а также структура нижнего бейнита, образование которых и происходит в процессе сварки сталей высокой прочности;
- 2) Околошовная зона должна содержать диффузионный водород, который поступает в зону термического влияния из сварного шва;
- 3) В зоне термического влияния должны действовать растягивающие напряжения.

Одной из основных причин образования холодных трещин в процессе сварки следует назвать наличие в металле растворённого водорода. Проникновение водорода в металл сварного шва происходит из электродного покрытия, флюса или окружающей среды. Помимо этого поступление водорода может происходить из защитного газа или загрязнений на поверхности сварочной проволоки, а также загрязнений на сварных кромках.

В случае присутствия на свариваемых кромках ржавчины, последняя выступает в качестве источника водорода, который начинает поступать в металл сварного шва. Для случая ручной дуговой сварки в качестве "поставщика" водорода в основном выступает защитное покрытие электродов.

Горячие трещины в сварном шве могут быть кристаллизационными и ликвационными. Кристаллизационные трещины относительно длинные, неразветвлённые и более раскрытые. Зависят такие трещины от величины двугранного угла места стыка кристаллитов и от формы затвердевшей ванны.

При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}. \quad (1.1)$$

После расчёта величины эквивалента углерода следует провести анализ его значения. Если значение эквивалента углерода не превышает 0,25, то рассматриваемая сталь может быть отнесена к хорошо свариваемым. При значениях эквивалента углерода в пределах 0,25...0,35 рассматриваемую сталь можно отнести к удовлетворительно сваривающимся. При сварке таких сталей повышается вероятность образования холодных трещин, поэтому может потребоваться предварительный подогрев изделия. Если значение эквивалента углерода находится в диапазоне 0,35...0,45, то рассматриваемая сталь может быть отнесена к ограниченно сваривающимся сталям. При сварке таких сталей высокая вероятность получения закалочных структур, возникновения холодных трещин. Сварка таких сталей должна сопровождаться специальными технологическими приемами.

На основании расчётов по формуле (1.1) сталь 34ХН3М признаётся ограниченно свариваемой. При её сварке должен применяться предварительный подогрев и последующая термическая обработка.

1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки

Проведению восстановительной наплавки предшествует внешний осмотр и выявление дефектов и пороков детали. При этом выполняется следующая последовательность действий:

- детали промывают, удаляя с поверхности следу смазки и ржавчину;
- осматривают деталь, выявляя повреждения и мелкие дефекты.

Достоверность дефектации деталей во многом определяется качеством очистки их поверхности. Следует принимать во внимание, что все загрязнения, независимо от природы и характера, обладают хорошей прилепляемостью к металлической поверхности. Чтобы удалить следу смазки на поверхности деталей, их следует отмывать в керосине или растворителях, при этом использование бензина недопустимо. Деталь следует погрузить в ёмкость с керосином на 6...8 часов. Если при этом в ёмкость с керосином подавать под давлением перегретый водяной пар, то время очистки может быть существенно снижено. После промывки следует насухо протереть деталь протирочным материалом (ветошью).

Дефектация проводится после промывки, в результате дефектации детали разделяют на три группы:

- к первой группе относят детали, размеры и внешний вид которых соответствуют требованиям, такие детали отправляют на участок сборки или на склад;
- ко второй группе относят детали, которые подлежат ремонту; повреждения таких деталей и их износ могут быть исправлены с применением имеющихся на предприятии технических средств. Такие детали подлежат отправке на участок ремонта;
- к третьей группе относят забракованные детали; восстановление этих деталей экономически нецелесообразно или не может быть проведено с

применением имеющихся в наличии технических средств, такие детали утилизируют как металлический лом.

По результатам осмотра следует выявить степень износа каждого вала и определить целесообразность проведения дальнейшего ремонта. Восстановление зубчатых колес не может быть проведено, если на них обнаружены трещины и поломанные зубья. Результаты проведенного осмотра вал-шестерни заносятся в дефектовочную карту.

Перед выполнением восстановительной наплавки следует закрыть асбестом те поверхности, которые требуется предохранить от расплавленного металла [9, 12].

При выполнении восстановительной наплавки следует избегать перегрева наплавленного слоя. В связи с этим каждый слой наплавляют отдельными валиками, при наложении каждого валика следует дождаться его полного остывания. При выполнении восстановительной наплавки следует поддерживать положение электрода согласно рис. 1.3.

Восстановительная наплавка может быть выполнена как с применением специальных наплавочных электродов, так и с применением электродов для сварки легированных сталей. Основными параметрами режима восстановительной наплавки являются диаметр наплавочного электрода и ток наплавки. При горении дуги её длину поддерживают в диапазоне 0,5...1,1 от диаметра электрода, при этом следует стремиться к минимальному значению длины дуги, так как при этом обеспечивается более стабильное качество наплавки [9, 12].

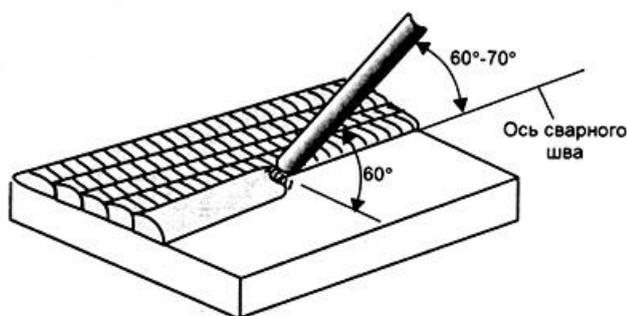


Рисунок 1.3 – Положение электрода при наплавке отдельными валиками

Выбор диаметра электрода $d_э$ осуществляется с учётом толщины S наплавляемого слоя. В рассматриваемом случае толщина наплавляемого слоя составляет $S = 5 \dots 8$ мм. Последующая механическая обработка требует обеспечения запаса металла, поэтому толщину наплавляемого слоя принимаем $S_{общ} = 10$ мм. Исходя из этого диаметр наплавочного электрода принят $d_э = 4$ мм.

Восстановительную наплавку по базовому варианту технологии проводим с использованием сварочного аппарата «Русич С 300» (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Сварочный аппарат Русич С 300

Для восстановительной наплавки изделия по базовому варианту технологии используются наплавочные электроды диаметром 4 мм Н-34ХНЗМ, которые имеют условное обозначение:

$$\frac{\text{Э85-Т-590-4,0-НД2}}{\text{Е301(5)-Б40}} \quad (1.2)$$

Характеристики электродов Н-34ХНЗМ следующие: сердечник выполнен из стальной наплавочной проволоки, которая имеет $\varnothing 4$ мм. В состав проволоки сердечника входит: углерод, хром, никель, молибден. Содержание углерода – 0,34 %, содержание хрома – 1 % , содержание никеля

– 3 % , содержание молибдена – 0,35 %. Расшифровка обозначения (1.2) следующая (рис. 1.5):

- позиция 1, «Э 85» – тип электрода;
- позиция 2, «Т-590» – марка электрода;
- позиция 3, «4,0» – диаметр проволоки металлического сердечника 4,0 мм;
- позиция 4, «Н» – назначение - наплавка легированных сталей;
- позиция 5, «Д2» – тип покрытия, с толстым покрытием второй группы качества;
- позиция 6, «30» – предел прочности материала сварного шва (300 МПа);
- позиция 7, «1» – относительное удлинение 18 %;
- позиция 8, «5» – ударная вязкость не менее 34,3 Дж/см²;
- позиция 9, «Б» – тип покрытия, с основным покрытием;
- позиция 10, «4» – для наплавки в нижнем положении;
- позиция 11, «0» – для наплавки на постоянном токе обратной полярности.

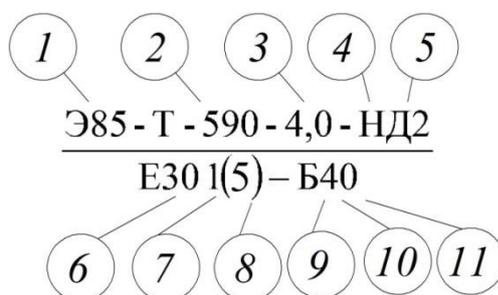


Рисунок 1.5 – Расшифровка обозначения наплавочных электродов

Фрезерование зубьев выполняется на станке 5А342 (рис. 1.6). Этот станок позволяет выполнять фрезерование зубьев цилиндрических зубчатых колес, при этом могут быть использованы как обкатка червячной фрезой, так и единичное деление дисковой или пальцевой фрезами.



Рисунок 1.6 – Общий вид зубофрезерного станка 5А342

Преимуществами восстановительной наплавки штучными электродами являются возможность получения наплавленного слоя большой толщины, что увеличивает производительность наплавки при восстановлении деталей со значительными износами. Также следует принять во внимание простоту и транспортабельность технологического оборудования, которое применяется для восстановительной наплавки, возможность его использования вне помещения. Для ручной дуговой наплавки штучными электродами отсутствуют ограничения по размерам наплаваемых поверхностей, поэтому этот способ может быть применён для восстановления крупногабаритных объектов. Процесс ручной дуговой наплавки достаточно прост и не требует высокой квалификации сварщика.

Недостатком базового варианта восстановительной ручной дуговой наплавки с применением штучных электродов является переход элементов из основного металла в наплавленный слой, что приводит к ухудшению качества наплавленного слоя (уменьшается износостойкость и т.д.). Из-за высокой погонной энергией наплавки возникают деформации изделия, при этом наплавка на форсированных режимах вызывает чрезмерную деформацию, которая может привести к выходу детали из строя. При ручной дуговой наплавке штучными электродами наплавленный слой сходен по

структуре с металлом сварного шва, свойства, наплавленного слоя существенно отличаются от свойств основного металла. Ручная дуговая наплавка характеризуется сложными условиями труда сварщиков.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение эффективности восстановления вала волочильной машины.

Анализ материала и конструкции вала позволил сформулировать основные трудности восстановительной наплавки изделия.

Анализ базовой технологии позволил сформулировать недостатки ручной дуговой наплавки штучными электродами применительно к рассматриваемому изделию.

Восстановление валов может быть проведено с применением одного из трёх технологических маршрутов (рис. 1.7) [13].

Величина износа изделия и применимость того или иного способа восстановления определяют, какой маршрут восстановления будет выбран. При значительном износе изделия целесообразно выбирать первый маршрут, который предусматривает последующую термическую и механическую обработку изделия. При возможности восстановления электроконтактной приваркой проволоки или ленты применяют второй маршрут. Третий маршрут предназначен для восстановления деталей, к которым может быть применена электромеханическая обработка. Восстановление резьбовых поверхностей и шпоночных пазов со значительным износом выполняется по второму или третьему маршрутам с применением восстановительной наплавки.

Сформулированные недостатки базовой технологии и предварительный анализ маршрутов восстановления рассматриваемой детали позволили сформулировать задачи выпускной квалификационной работы:

1) обосновать выбор способа восстановительной наплавки изделия;

- 2) повысить эффективность восстановительной наплавки применительно к рассматриваемой детали;
- 3) составить проектную технологию восстановительной наплавки рассматриваемой детали;
- 4) выбрать оборудование для реализации проектной технологии и выполнить планировку участка восстановительной наплавки.

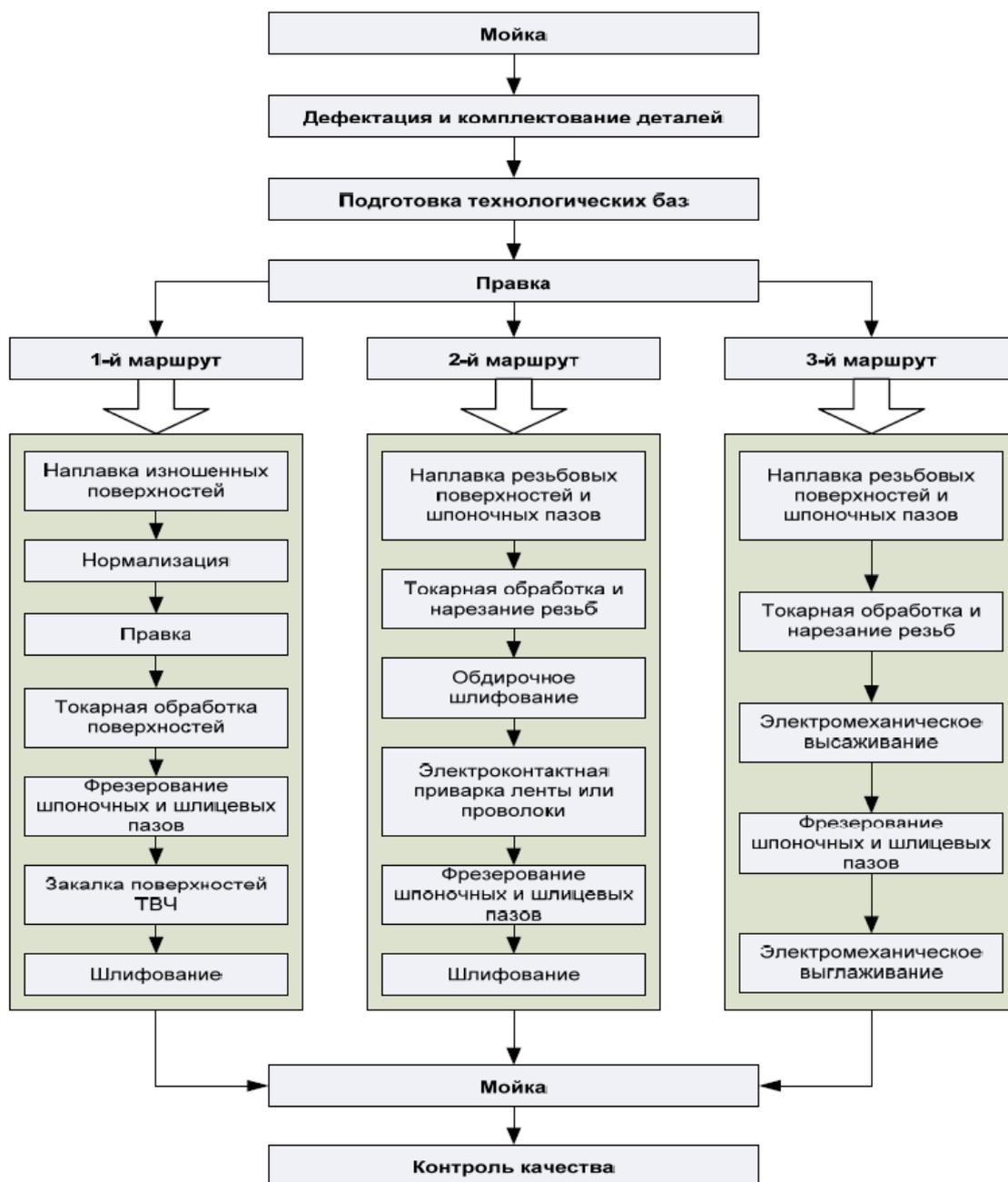


Рисунок 1.7 – Схема технологического процесса восстановления валов и осей [13]

2 Проектная технология восстановительной наплавки

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

Восстановление деталей типа валов может быть выполнено с применением таких технологических методов, как: наплавка, шлифование, хромирование, металлизация, оставивание, газотермическое напыление; шлифование в размер [9, 12].

Для деталей зубчатых передач наиболее распространенными технологическими методами восстановления являются: наплавка зубьев, сварка, горячая объемная штамповка, ротационное пластическое деформирование.

Зубчатое зацепление не подлежит восстановлению, если износ торцевых поверхностей зубьев превышает 6 мм, а по толщине – 0,7 мм (табл. 2.1)

Таблица 2.1 – Предельная величина износа зубьев зубчатых колес [13]

Режим работы	Окружи. скорость (м/с)	Предельный износ к номинальной толщине зуба по начальной окружности. %		
		Вид ремонта		
		Малый	Средний	Капитальный
Передача мощности в одном направлении при безударной нагрузке	До 2	20	15	10
	2-5	15	10	6
	Св. 5	10	7	5
Реверсивная передача с ударной нагрузкой	До 2	15	10	5
	2-5	10	5	5

Упрощенная схема процесса восстановления деталей машин [13] показана на рис. 2.1.

Самым распространённым способом восстановления геометрии при износе деталей может считаться наплавка. Сущность наплавки заключается в создании посредством сварки плавлением дополнительного слоя металла на изношенных поверхностях. В настоящее время применяются различные

способы наплавки, отличающиеся производительностью и техническими параметрами. Предварительная оценка различных способов восстановительной наплавки деталей машин может быть выполнена по результатам работы [14] (табл. 2.2).

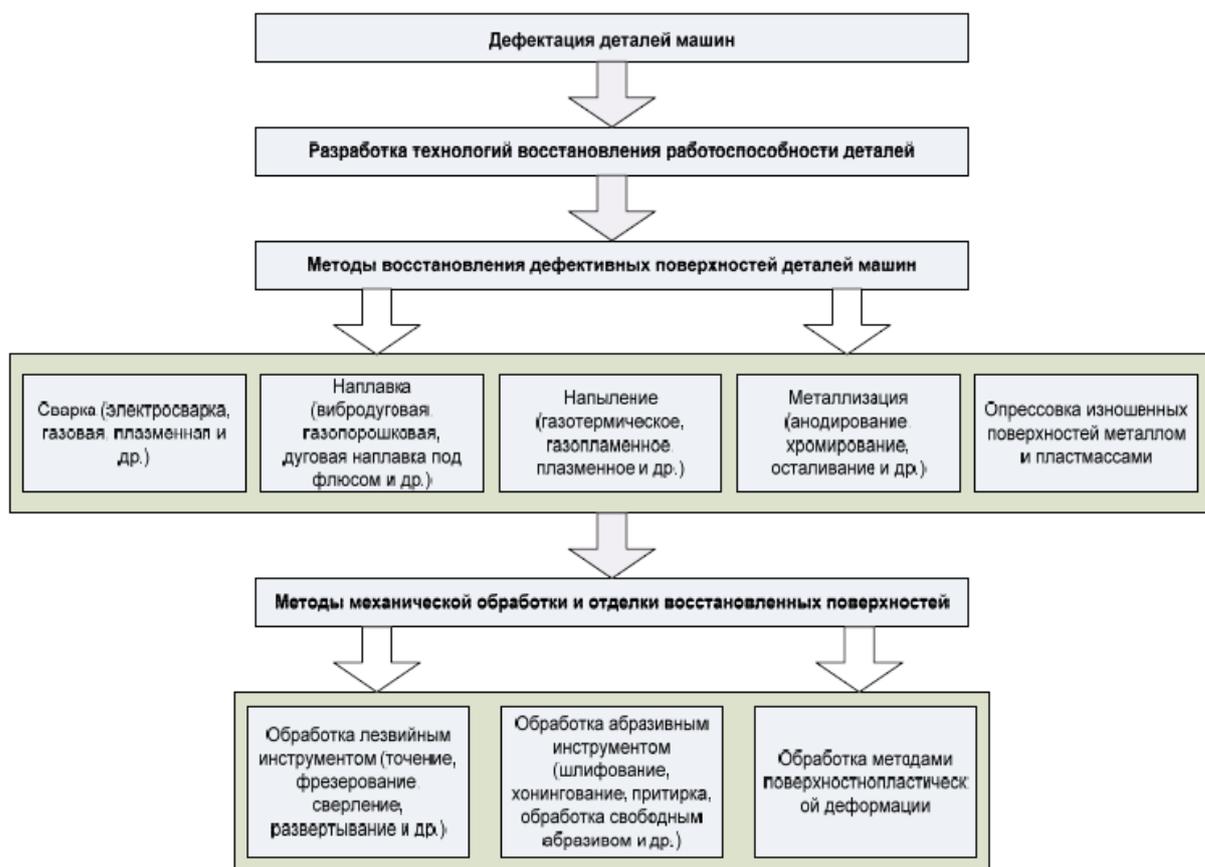
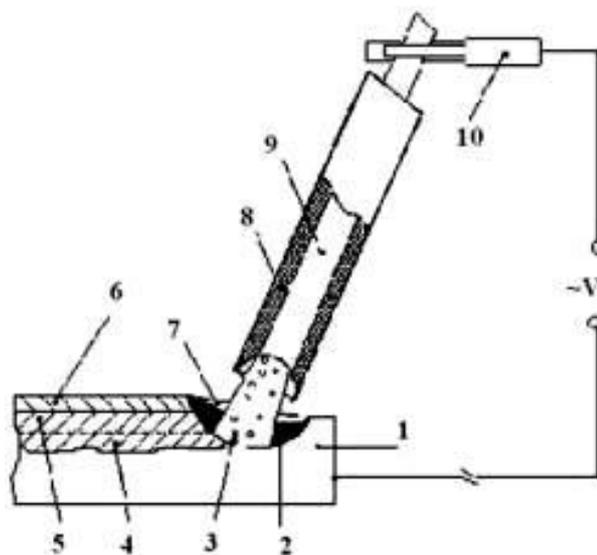


Рисунок 2.1 – Обобщённая схема восстановления деталей машин

Самым простым и давно используемым способом наплавки можно считать ручную дуговую наплавку штучными электродами (рис. 2.2).

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё

широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.



1 – основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – электрическая дуга; 4 – проплавленный металл; 5 – наплавленный металл; 6 – шлаковая корка; 7 – жидкий шлак; 8 – электродное покрытие; 9 – металлический стержень электрода; 10 – электрододержатель

Рисунок 2.2 – Схема процесса ручной дуговой наплавки

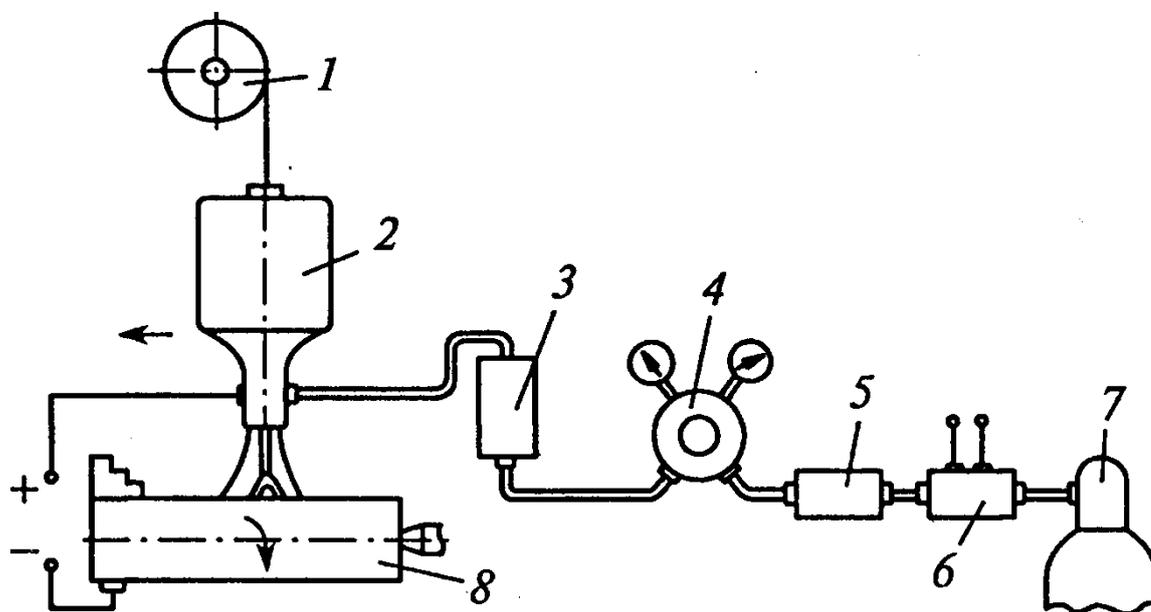
Наплавка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 2.3) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться.

Дуговая наплавка в среде защитных газов может считаться самым технологичным и универсальным способом, позволяющим проведение

наплавки во всех пространственных положениях. При этом достаточно широк диапазон применяемых наплавочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей [9, 10].

Таблица 1.7 – Данные для предварительной оценки различных способов восстановительно наплавки [14]

Наименование способа	Производительность, кг/ч	Толщина наплавленного слоя, мм	Доля основного металла, %
Ручная дуговая, покрытыми электродами	0,8-3,0	2,0-5,0	20-50
Индукционная	2-15	0,4-3,0	5-15
Газовая с присадкой прутков или проволоки	0,5-1,5	0,8-5,0	1
Газопорошковая	0,5-3,0	0,3-3,0	1
Плазменная порошком	0,8-6,0	0,3-6,0	5-15
Аргонно-дуговая неплавящимся электродом	1,0-7,0	2,5-5,0	10-30
Плавящимся электродом в защитном газе	1,5-9,0	3,0-5,0	30-60



1 — кассета с проволокой; 2 — наплавочный аппарат; 3 — расходомер; 4 — редуктор; 5 — осушитель; 6 — подогреватель; 7 — баллон с углекислым газом; 8 — деталь

Рисунок 2.3 – Схема восстановительной наплавки в углекислом газе

Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

Однако применение данного способа наплавки ограничивается малой эффективностью управления размерами наплавляемого валика – при наплавке в углекислом газе наблюдается повышенная глубина проплавления основного металла, низкая стабильность размеров наплавленного валика, большие потери электродного металла из-за разбрызгивания.

Совершенствованию наплавки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования наплавленного металла может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root [15...18]. В работах [19...21] описано комбинированное электромеханическое управление которое применено в процессах СМТ и PulseShock.

При лазерной наплавке поверхность обрабатываемого изделия наносят слой покрытия путем расплавления основы и присадочного материала за счёт энергии лазерного луча. Така как при лазерной наплавке расплавление основы минимально, свойства покрытия в основном определяются свойствами присадочного материала.

Среди способов лазерной наплавки можно выделить три основных метода. При первом на поверхность восстанавливаемого изделия предварительно наносят пасту (рис. 2.4). Нанесённую пасту оплавливают при помощи лазерного луча, после выполнения первого слоя необходимо заново наносить пасту на поверхность изделия. В качестве преимущества такого метода можно выделить простоту технологии и применяемого технологического оборудования. Недостатками метода является высокая

трудоемкость процесса и малая стабильность свойств покрытия из-за различной величины силы поверхностного натяжения при плавлении пасты.



Рисунок 2.4 – Схема восстановительной лазерной наплавки с предварительным нанесением порошка

Наибольшее распространение получила восстановительная лазерная наплавка с боковой подачей газопорошковой смеси (рис. 2.5). При впрыске порошка в жидкую ванну существенно изменяется протекание процесса восстановительной наплавки, становится возможным создание наплавленных слоёв различной толщины и свойств. В качестве недостатка метода можно отметить, что порошок подаётся несимметрично относительно направления движения, это усложняет управление процессом и отрицательно сказывается на стабильности качества восстановительной наплавки.

Коаксиальная подача газопорошковой смеси при восстановительной лазерной наплавке (рис. 2.6) позволяет получить равномерный со всех сторон газопорошковый поток. Такой метод восстановительной наплавки позволяет формировать равномерные наплавленные валики, достигать высокой производительности и коэффициента использования присадочного материала. Самым главным недостатком такого метода – усложнение оборудования, которое должно обеспечивать коаксиальную подачу газопорошковой смеси в зону наплавки.

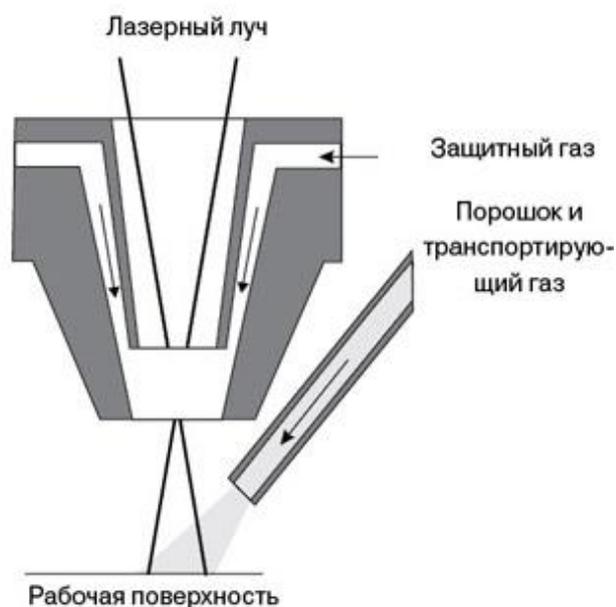


Рисунок 2.5 – Восстановительная лазерная наплавка с боковой подачей порошка

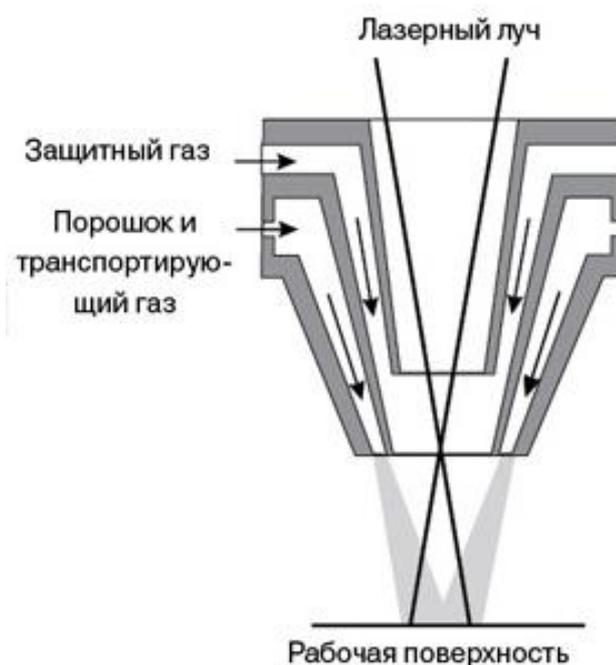
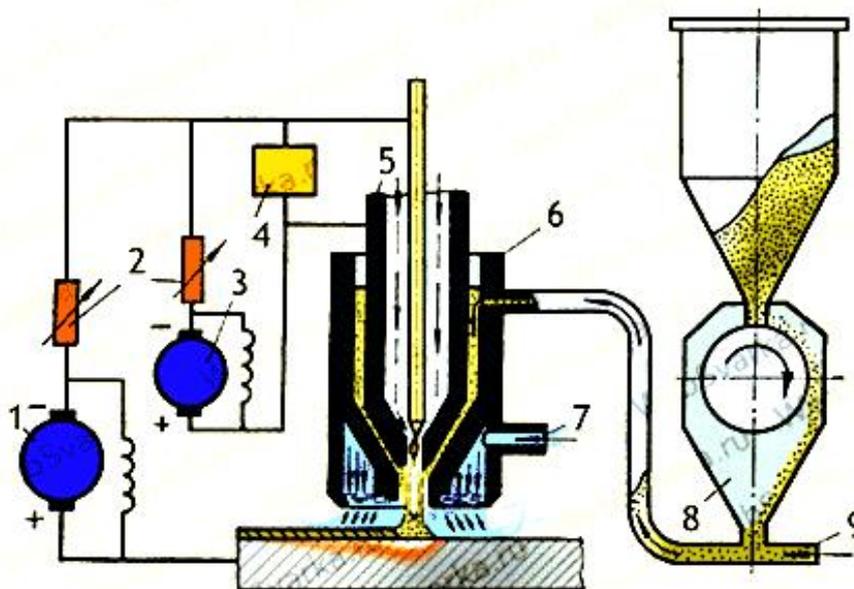


Рисунок 2.6 – Схема лазерной наплавки с коаксиальной подачей порошка

Восстановление деталей с применением плазменной наплавки (рис. 2.7) позволяет получить существенное сокращение расходов на наплавочные материалы, повышение эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Плазменная наплавка может считаться одним из самых высокоэффективных технологических процессов. Техничко-экономические показатели

(себестоимость, долговечность, производительность) плазменной наплавки существенно выше, чем показатели других способов восстановления деталей.



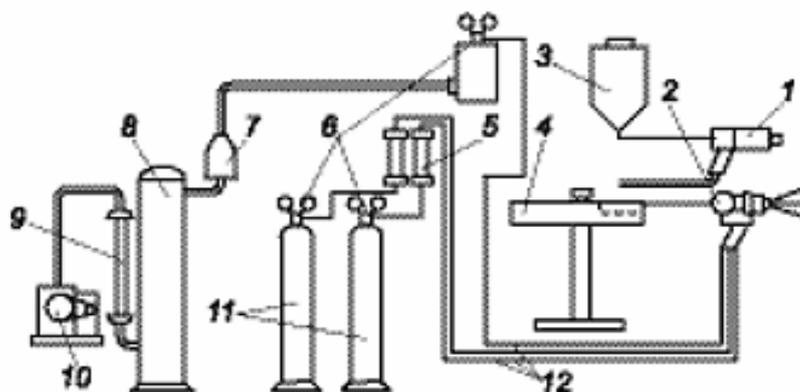
1 - источник питания дуги прямого действия; 2 - балластные сопротивления; 3 - источник питания дуги косвенного действия; 4 - осциллятор 5 - сопло для плазмообразующего газа; 6 - корпус горелки; 7 - отверстие для ввода защитного газа; 8 - питатель для подачи порошка; 9 - трубка, по которой подается газ, несущий порошок

Рисунок 2.7 – Схема установки для плазменной наплавки металлическим порошком

Плазменная наплавка с внесением порошка в плазменную струю позволяет достигнуть производительности наплавочных работ до 6 кг в час. Также следует учесть, что плазменная наплавка позволяет существенно уменьшить расход наплавочного порошка.

При газоплазменном напылении (рис. 2.8) создаётся плазменная струя, обладающая большой концентрацией тепла и высокой скоростью течения. В качестве материалов покрытия могут быть применены окислы металлов (Al_2O_3 , MgO , ZrO_2), карбиды (B_4C , SiC), силициды ($MoSi_2$), бориды (ZnB_2 , HfB_2), тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, тантал и др.). Эти материалы имеют высокую температуру плавления, подаются в плазменную струю в виде порошка (с размерами частиц порядка 40...70 мкм), нагреваются в плазменной струе до пластического состояния. Из-за высокой скорости плазменного потока порошок приобретает кинетическую энергию, которая позволяет при соударении частицы порошка с деталью, расплющить

частицу и внедрить её в тело детали, заполняя все неровности и дефекты. При ударе частицы порошка о поверхность детали кинетическая энергия частицы преобразуется в тепловую, что повышает температуру частицы и позволяет частицам прочно сцепляться с поверхностью детали и между собой.



1 - порошок; 2 – проволока; 3 – порошок; 4 – бухта проволоки на вращающемся столе; 5 – ротаметры газовые; 6 – редукторы; 7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр; 10 – компрессор; 11 – газовые баллоны

Рисунок 2.8 - Схема установки газопламенного напыления

Проведенный анализ условий эксплуатации изделия, базового технологического процесса, возможных способов его восстановления показал, что сформулированная во введении цель проекта: «повышение ресурса работы вала шаровой мельницы» может быть достигнута при применении плазменной наплавки.

2.2 Технология восстановительной наплавки

Детали на участок для восстановления поступают в оборотной таре с использованием внутрицеховых транспортных средств. На участке детали складываются на стеллаже. Первая операция – очистка от загрязнений.

Очистка деталей от загрязнений - наиболее характерная и специфическая операция при ремонте. От качества очистки зависит производительность труда ремонтных рабочих, качества восстановления,

долговечности и надежности отремонтированных машин, общий уровень культуры и внешний вид ремонтного производства.

Для очистки вала перед наплавкой следует использовать щелочной состав, препарат МЛ-51 или МЛ-52 в виде водного раствора при концентрации 10...30 г/литр и температуре 75...80 С

Моющий состав МЛ-51 содержит компоненты в следующем соотношении: тринатрий фосфат – 18 г/литр; сода кальцинированная – 10 г/литр; каустическая сода – 5 г/литр. Очистку производить в установке ММА1. Продолжительность очистки 30...40 минут.

Затем детали поступают на стол дефектовщика. Производится осмотр деталей на наличие дефектов, измеряется величина износа. Далее деталь передается на стол, где производятся с ней подготовительные работы.

Производится операция дробеструйной обработки, для улучшения адгезии напыляемого слоя.

После чего шестерня, закрепляется в токарном станке и производится напыление подслоя, $I=315A$, $U=65 В$, расход газа $N=0,5$ л/час, $Ar=1,5$ л/час, расход материала 0,55...0,62 г/см, температура плазмы 14000...16000 °С, фракция порошка 60 мкм.

Затем напыляют основной слой в несколько этапов. Напыляют 1 слой смесью порошков ПН85Ю15М-95%+ Х17СР1-5% при силе тока $I=350A$, напряжении $U=70В$. Расход газа при этом $N=0,5$ л/час, $Ar=1,5$ л/час, температура плазмы 14000...18000 °С, фракция порошка 60 мкм. Затем, при тех же режимах наносят 2-й слой состава ПН85Ю15М-90%+ Х17СР1-10%. 3-й при тех же режимах состава ПН85Ю15М-85%+ Х17СР1-15%. 4-й слой при тех же режимах состава ПН85Ю15М-80%+ Х17СР1-20%. 5-й слой: ПН85Ю15М-75%+Х17СР1-25%. Нанесение слоев поочередное, после каждого слоя производят дробеструйную обработку.

Дальнейшие операции без изменений переходят из базового технологического процесса.

2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии

Для промывки перед отбраковкой и дефектацией валов предлагается применять моечную машину ММА1. Она относится к агрегатам, работающим с применением агрессивной среды – моющего раствора, способного при попадании на кожу человека вызвать раздражение.

Последовательность работы на моечной машине такого класса следующая:

- 1) Открывается крышка ванны, открывается кран наполнения ванны водой и вода заливается до обозначенного уровня.
- 2) Взвешиваются и засыпаются в ванну входящие в состав раствора компоненты.
- 3) Закрывается крышка ванны, открывается кран подачи пара и включается электродвигатель покачивания рамки (для перемешивания раствора).
- 4) Загружаются валы в корзину, которая затем устанавливается на рамку моечной машины.
- 5) Закрывается крышка ванны и включается привод покачивания на весь период мойки
- 6) Извлекается корзина, производится ополаскивание деталей, и корзина перемещается на рабочее место дефектовщика.

Установка для наплавки (рис. 2.9) скомпонована из следующих основных узлов:

- 1 - Станина; 2 - Вращатель; 3 – Пульт управления; 4 – Суппорт; 5 – Пиноль;
- 6 – Сварочный пистолет; 7 – Бункер для порошка; 8 – Привод; 9 – Задняя бабка; 10 – Защитный экран; 11 – Приспособление установочное.

Для экономии капитальных затрат при внедрении технологии, для экономии площади производственного участка и повышения коэффициента загрузки оборудования предложено не приобретать отдельный манипулятор, а использовать для вращения в процессе металлизации токарный станок А364.

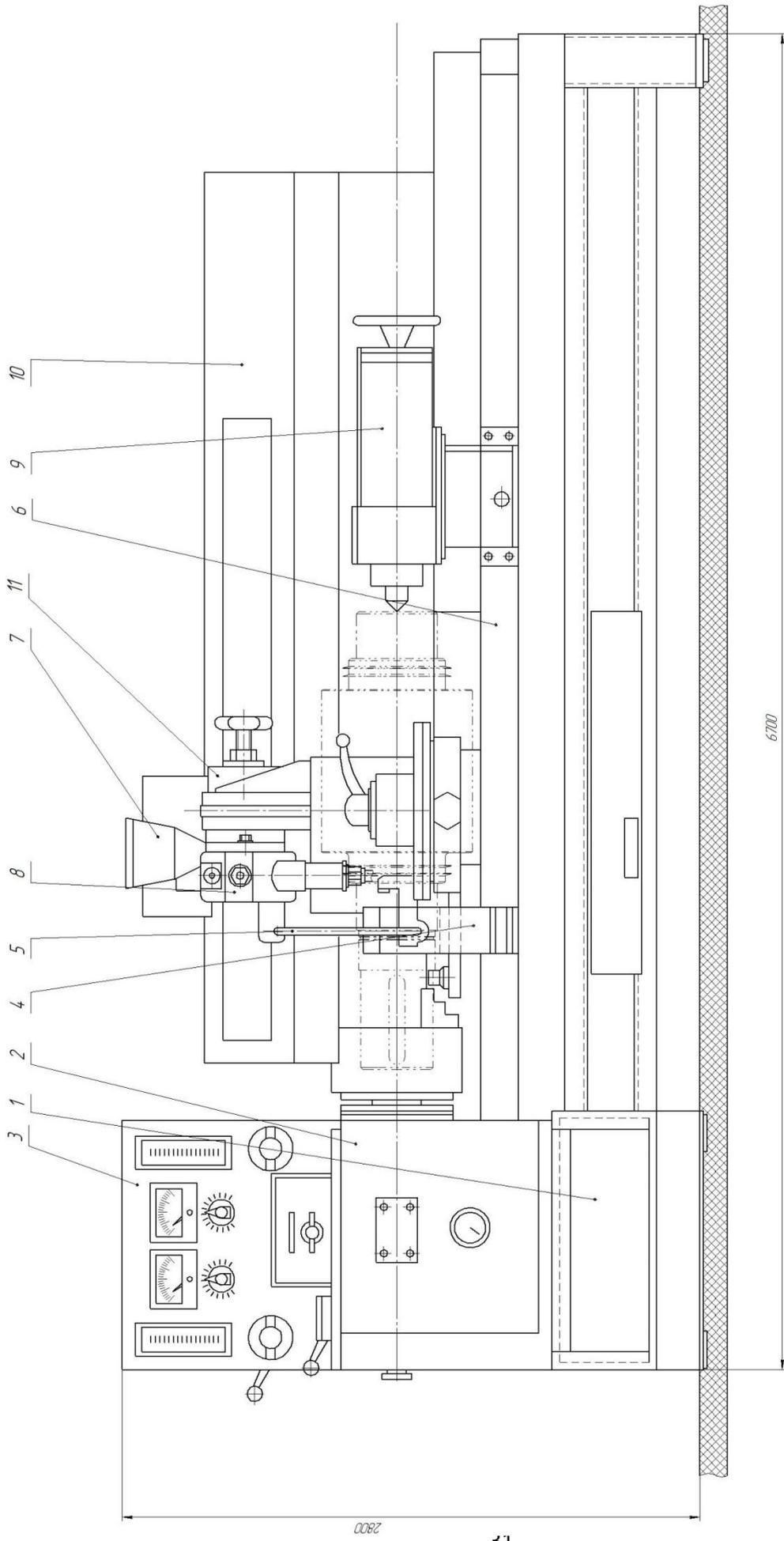


Рисунок 2.9 – Установка для плазменной наплавки

Для закрепления в суппорте станка плазматрона разработана оснастка (рис. 2.10). Оснастка представляет собой п-образную пластину, закрепляемую в суппорте, к поперечине пластины закреплена стойка 1, на которой подвижно закреплена муфта 4 с ходовым винтом. К муфте крепится планка 3 к которой двумя винтами крепится плазматрон.

2.4 Планировка участка

Восстановление вала-шестерни включает в себя следующие основные операции: 1) мойка; 2) дефектация; 3) подготовка; 4) наплавка; 5) обработка; 6) мойка; 7) контроль качества.

Ремонтно-механический участок (рис 2.11). расположен в северной части ремонтного цеха и включает в себя следующие основные виды оборудования: 1 - Баллоны с газом; 2 - Пистолет; 3 - Станок токарный; 4 – Вытяжной зонт; 5 – Вытяжной зонт; 6 – Слесарный верстак; 7 – Вентиляционные каналы; 8 – Пылеуделяющий циклон; 9 – Пылеудаляющий вентилятор; 10 – Тележка для перевозки и хранения деталей; 11 – Стеллаж для шнура и прочих материалов; 12 – Стеллаж для ремонтного фонда и прочих инструментов; 13 – Стеллаж для хранения готовой продукции; 14 – Приточная вентиляция; 15 – Стол для подготовки; 16 – Ванна для мытья.

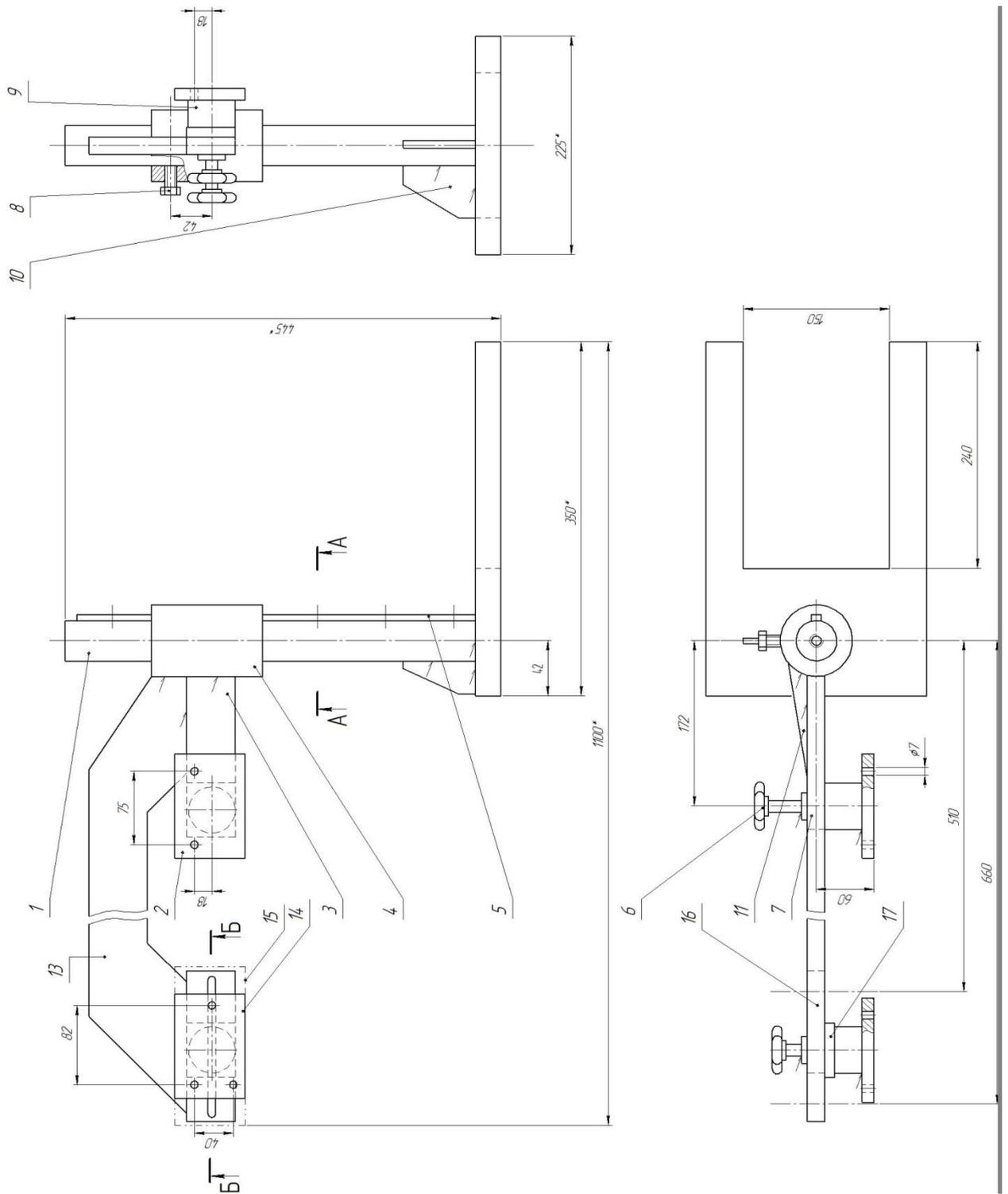


Рисунок 2.10 – Приспособление для крепления плазматрона

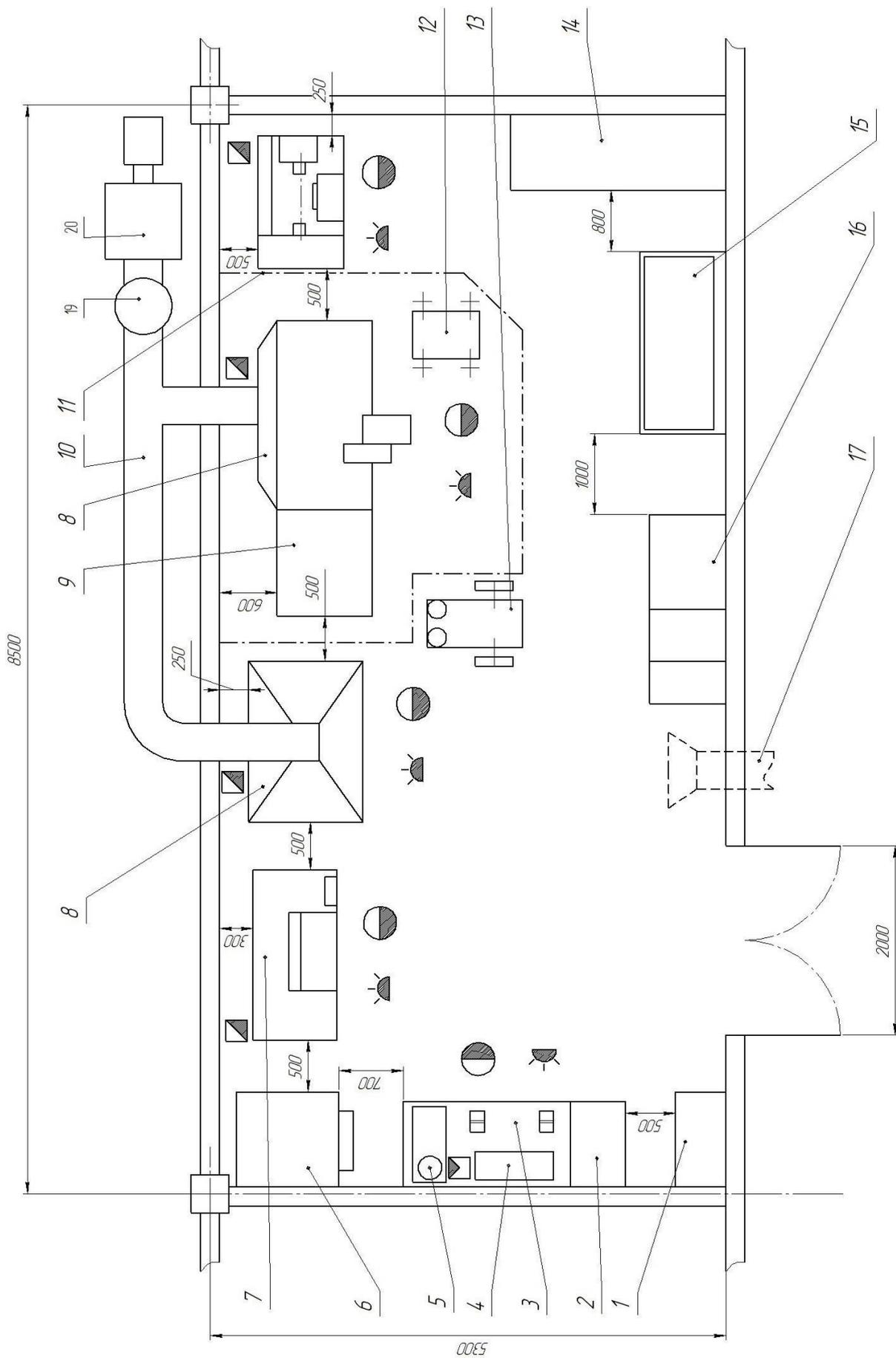


Рисунок 2.11 – Планировка участка

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки деталей типа валов. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами. На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене ручной дуговой наплавки штучными электродами на плазменную наплавку. За счёт замены способа восстановительной наплавки и предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая	Моющий раствор, вода техническая, ацетон, дробь стальная
2. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	Источник питания плазменной установки, плазменная установка	Наплавочный порошок, аргон

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
3. Термическая обработка	Слесарь-сборщик	Электропечь СНО	-
4. Механическая обработка	Слесарь-сборщик	Токарный станок	СОЖ
5. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Электропечь СНО
3. Наплавка на дефектное место	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	Источник питания плазменной установки, плазменная установка

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Термическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Электропечь СНО
5. Механическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Токарный станок
6. Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки деталей типа валов. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами и предусматривает выполнение следующих операций: 1) подготовка дефектного участка; 2) предварительный подогрев; 3) наплавка дефекта; 4) охлаждение; 5) контроль качества наплавочных работ.

На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене ручной дуговой наплавки штучными электродами на плазменную наплавку. За счёт замены способа восстановительной наплавки и предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	11	11
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	3000	3000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	200000	600000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	25	40
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_{э} = F_{н} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_{э} = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{шт.баз} = 1,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,89 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,76 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на один стык трубопровода по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/1,89 = 1086 \text{ ремонтных наплавов за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/0,76 = 2700 \text{ ремонтных наплавов за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{\Gamma}=1000$ ремонтных наплавов в год.

Требуемое в этом случае количество наплавочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

где $П_{\Gamma}$ – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{1,89 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,9$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,76 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,40$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{3б} = 0,9/1 = 0,9,$$

$$K_{3п} = 0,4/1 = 0,4.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При ремонтной наплавке используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки, для которой расходным материалом являются штучные электроды. Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение плазменной наплавки, для которой расходными материалами будут защитный газ и наплавочный порошок. Затраты на наплавочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{Т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии ремонтной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать изделия без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при восстановительной наплавке по базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158,05 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 1,89 \cdot 200 \cdot 1,88 = 710,64 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,76 \cdot 200 \cdot 1,88 = 285,76 \text{ руб.}$$

Объём $З_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 710,64 \cdot 12/100 = 85,28 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 285,76 \cdot 12/100 = 34,29 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 710,64 + 85,28 = 795,92 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 285,76 + 34,29 = 320,05 \text{ рублей.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 795,92 \cdot 34 / 100 = 270,61 \text{ руб.},$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 320,05 \cdot 34 / 100 = 108,82 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 1,89}{2054 \cdot 100} = 39,57 \text{ рублей}$$
$$A_{об.пр} = \frac{600000 \cdot 21,5 \cdot 0,76}{2054 \cdot 100} = 47,73 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

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

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{25 \cdot 1,89 \cdot 3,02}{0,7} = 203,85 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{40 \cdot 0,76 \cdot 3,02}{0,85} = 108,01 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 39,57 + 203,85 = 243,39 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 47,73 + 108,01 = 155,74 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 129 + 796 + 271 + 243 = 1439 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 158 + 320 + 109 + 156 = 743 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{цех}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1439 + 1,5 \cdot 711 = 1439 + 1067 = 2506 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 743 + 1,5 \cdot 286 = 743 + 429 = 1172 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз.}} = 2506 + 1,15 \cdot 711 = 2506 + 818 = 3324 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 1172 + 1,15 \cdot 286 = 1172 + 329 = 1501 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	129	158
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	271	109
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	243	156
5. Величина технологической себестоимости	Стех	1439	743
6. Объем цеховых расходов	Рцех	1067	429
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	2506	1172
8. Объем заводских расходов	Рзав	818	329
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{зав}}$	3324	1501

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 - (200000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 71000 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,90 = 63900 \text{ рублей}$$

Величину $\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}} = \text{К}_{\text{ОБ.ПР}} + \text{К}_{\text{ПЛ.ПР}} + \text{К}_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = \text{Ц}_{\text{ОБ.ПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 252000 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 600000 \cdot 0,05 = 30000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 10000 + 30000 = 40000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 252000 + 40000 = 292000 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 292000 - 63900 = 228100 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где Π_T – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{удБаз.} = 63900/1000 = 63,9 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 292000/1000 = 292 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{1,89 - 0,76}{1,89} \cdot 100\% = 60\% \quad .$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_T = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Снижение ΔC_{TEH} технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{TEH} = \frac{C_{TEHБ} - C_{TEHПР}}{C_{TEHБ}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{TEH} = \frac{1439 - 743}{1439} \cdot 100\% = 48\%$$

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^Б - C_{зав}^{ПР} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{у.г.} = (3324 - 1501) \cdot 1000 = 1823000 \text{ руб.}$$

Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{ок} = \frac{228100}{1823000} = 0,13$$

Годовой экономический эффект $\Delta_{г}$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta_{г} = 1823000 - 0,33 \cdot 228100 = 1748000 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки валов с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать наплавленную поверхность без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 60 %, увеличивается производительность труда на 150 %, уменьшается технологическая себестоимость на 48 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,8 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,13 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления вала волочильной машины.

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки валов с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. Обзор возможных способов восстановительной наплавки выполнен с анализом таких способов, как ручная дуговая наплавка штучными электродами, индукционная наплавка, газовая наплавка, газопорошковая наплавка, плазменная наплавка, аргонодуговая наплавка, механизированная наплавка в инертном газе проволокой сплошного сечения.

На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения ремонтной плазменной наплавки.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) обосновать выбор способа восстановительной наплавки изделия; 2) повысить эффективность восстановительной наплавки применительно к рассматриваемой детали; 3) составить проектную технологию восстановительной наплавки рассматриваемой детали; 4) выбрать оборудование для реализации проектной технологии и выполнить планировку участка восстановительной наплавки.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки валов.

Список используемой литературы

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Ключев [и др.]; под общ. Ред. В.В. Ключева – 1996, 464 с.
2. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
4. Рафиков, И.А. Разработка технологии восстановления деталей машин плазменной наплавкой в продольном магнитном поле: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. – 2013.
5. Батищев А.Н. Методика оптимизации способов восстановления деталей // Организация и технология ремонта машин. - М.: РГАЗУ, 2000. – С. 174 – 178.
6. Конкин М.Ю. Ресурсосбережение при эксплуатации автотранспортной техники: Автореферат дисс... канд. техн. наук. - М.: МГАУ, 1998. – 16 с.
7. Черноиванов, В.И. Состояние и перспективы технического сервиса в АПК России. - М.: ГОСНИТИ, 1997. – 166 с.
8. Бабусенко, С.М. Современные способы ремонта машин / С. М. Бабусенко, В. А. Степанов. Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Колос, 1977. - 270 с.
9. Бойцов Ю.П. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования: Учеб. пособие / Ю.П. Бойцов, С.Л. Иванов, А.С. Фокин. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб. – 2006. – 99 с.

10. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н.П. Алёшин [и др.] – 480 с.
11. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г. Сорокина М.: Машиностроение, 1989. – 640с.
12. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: Учебное пособие / В.В. Ельцов – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.
13. Данилов, П.А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва: Московский государственный технологический университет «СТАНКИН». – 2010.
14. Бессуднов, И.А. Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева. – 2014.
15. Goecke S. F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat, EWM HIGHTEC WELDING GmbH 2005.
16. Jaeschke B. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens / Jaeschke B., Vollrath K. // Schweißen und Schneiden. – 2009. – 61. – № 9. – S. 548–553.
17. DeRuntz, B. D. Surface Tension Transfer welding in manufacturing. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.
18. Jyri Uusitalo. Kemppi Pro News 2/2006. FastROOT Process. – P. 4–8.
19. A. Schierl: «The CMT-Process – A Revolution in welding technology». – Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huismann: Direct control of the material

transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.

20. Федько, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федько, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.
21. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.