

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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для восстановления
вала бумагоделательной машины

Студент

М.А. Белый

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

В настоящее время отечественный производитель находится в сложнейших условиях конкуренции с западными и азиатскими предприятиями, повышения закупочных цен на импортное оборудование и комплектующих к нему, усиления санкционного давления, финансового и кадрового голода. При этом необходимо не только повышать качество выпускаемой продукции, но и выполнять повышающиеся требования по энергосбережению и ресурсосбережению.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления вала бумагоделательной машины из стали 34ХН3М.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали,
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали,
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать плазменную наплавку.

Решена задача по составлению технологического процесса. Проектная технология предусматривает следующие операции: подготовка поверхности вала; восстановительная наплавка; равномерное охлаждение; контроль качества.

Решена задача выбора присадочных материалов, назначения параметров режима и выбора оборудования.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,396 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,7 года.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса восстановления валов бумагоделательных машин.	7
1.1 Сведения о конструкции вала и условиях его работы.	7
1.2 Сведения о материале детали.	8
1.3 Сведения о базовой технологии восстановительной наплавки вала.	13
1.4 Анализ преимуществ и недостатков базовой технологии, формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Проектная технология восстановления распределительного вала.	20
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	20
2.2 Обоснование выбора наплавочного материала.	28
2.3 Описание операций технологического процесса восстановления вала.	39
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	39
3.1 Технологическая характеристика объекта	39
3.2 Идентификация профессиональных рисков	40
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	42
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	44
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	46
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	49
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	49
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	51
4.3 Расчет штучного времени	52
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	53
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	58

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	60
Заключение	63
Список используемой литературы и используемых источников.	64

Введение

В настоящее время отечественный производитель находится в сложнейших условиях конкуренции с западными и азиатскими предприятиями, повышения закупочных цен на импортное оборудование и комплектующих к нему, усиления санкционного давления, финансового и кадрового голода. При этом необходимо не только повышать качество выпускаемой продукции, но и выполнять повышающиеся требования по энергосбережению и ресурсосбережению. Более 40 % промышленного оборудования Российской Федерации имеет срок службы выше 20 лет.

В этих условиях актуальным становится решения вопроса снижения издержек производства. Это возможно, в первую очередь, за счёт повышения надёжности эксплуатируемого оборудования и продления ресурса использования его деталей.

Повышение эффективности ремонта позволяет не только уменьшить простой оборудования за счёт увеличения межремонтного срока службы, но и снизить затраты на проведение самого ремонта, уменьшив стоимость материалов и повысив производительность восстановления деталей машин.

Всё большую актуальность приобретает вопрос проведения операций по восстановлению работоспособности изношенных деталей машин. Восстановление деталей позволяет обеспечить проведения мероприятий по ресурсосбережению и энергосбережения. Это объясняется тем, что на восстановление деталей расходуется меньше металла и энергии, чем на их изготовление. Кроме того, стоимость проведения мероприятий по восстановлению деталей машин в несколько раз меньше затрат на приобретение новых деталей.

Применительно к сложным и дорогостоящим деталям, к которым относят массивные валы бумагоделательных машин, технологии восстановления могут применяться неоднократно, что в несколько раз увеличивает срок их службы. Вал бумагоделательной машины является

высоконагруженной деталью, работа которой проходит в тяжёлых условиях. В значительной мере именно износ вала лимитирует продолжительность работы всего подъёмного агрегата. В процессе эксплуатации, под действием сил трения и продолжительных временных рабочих циклов, посадочные места валов изнашиваются особенно интенсивно. Циклические режимы нагружения, перепады давления и динамические нагрузки, вызванные остаточным дисбалансом, вызывают в соединениях с натягом большие контактные деформации, приводят к появлению осциллирующих возвратно-вращательных перемещений деталей и, как следствие, возникает фреттинг-коррозия.

Капитальный ремонт техники предусматривает проведение полной разборки механизма, ремонт подлежащих восстановлению деталей, сборку и проведение испытательного пуска. При этом необходимо обеспечить высокую надёжность работы оборудования после капитального ремонта, для чего следует поддерживать на предприятии высокий уровень ремонтных технологий, который соответствовать мировому уровню. Следует внедрять новые перспективные способы восстановления деталей машин, автоматизировать и механизировать операции технологического процесса.

При проведении ремонтных работ технических установок стоимость запасных частей может составлять 50...70 % стоимости самой установки. При этом стоимость восстановления этих же запасных частей в большинстве случаев не превышает 30...50 % цены новых при сопоставимом сроке службы. Из этого следует вывод об эффективности применения перспективных технологий ремонта при восстановлении деталей машин, которые позволяют на 30...40 % уменьшить стоимость проведения капитального ремонта технологического оборудования.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановления вала бумагоделательной машины из стали 34ХН3М.

1 Анализ состояния вопроса восстановления валов бумагоделательных машин

1.1 Сведения о конструкции вала и условиях его работы

На рисунке 1 представлен рассматриваемый вал-шестерня привода бумагоделательной машины БДМ № 10. Эта машина позволяет получать микрокрепированную крафт-бумагу, которая имеет повышенную прочность за счёт увеличенного содержания целлюлозы.

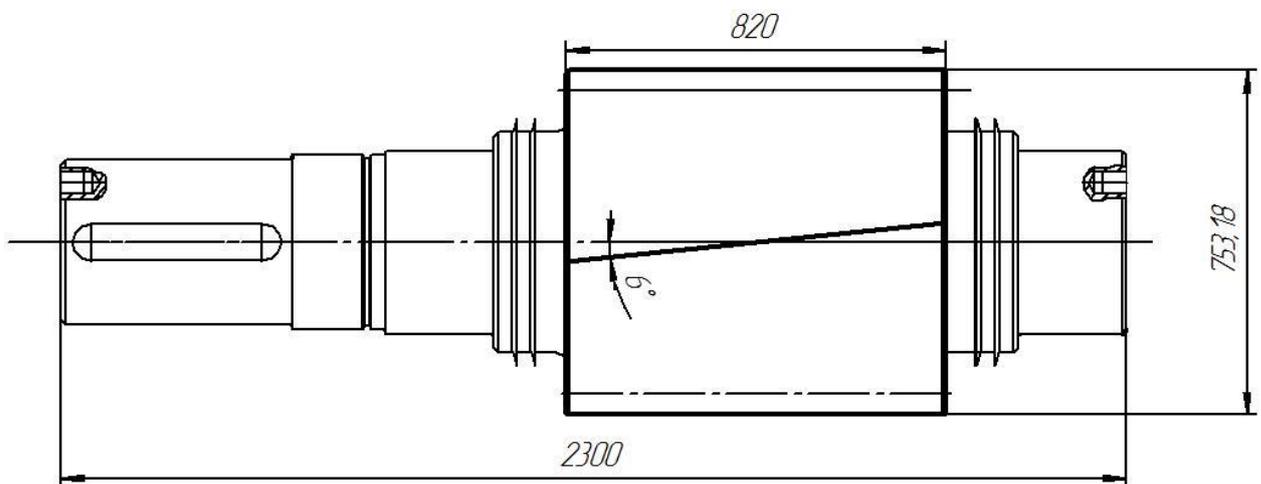


Рисунок 1 – Вал-шестерня бумагоделательной машины

При эксплуатации вала-шестерни привода он подвергается износу. Главным образом, износ происходит в месте зацепления с венцом.

В качестве причин повышенного износа рассматриваемого вала-шестерни можно отметить:

- нарушение соосности вала-шестерни и венца,
- нарушение сроков прохождения технического обслуживания и планового ремонта,
- нарушение точности изготовления вала-шестерни,
- попадание пульпы в контакт венца с зубьями вала-шестерни.

Таблица 1 – Характерные дефекты при износе вала-шестерни

Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости дефекта	
	Детали, поступившие на дефектацию	Детали, признанные ремонтпригодными
Износ посадочных поверхностей под подшипники	0,4	0,6
Износ наружной поверхности под шестерню	0,3	0,5

Если указанные причину устранить, срок службы вала-шестерни может быть увеличен, однако всё равно необходимо проводить плановый ремонт и техническое обслуживание.

При износе зубьев на вале-шестерне более 30 % по длительному диаметру следует провести замену вала-шестерни [5].

Характерные дефекты, которые обнаруживаются на вале-шестерне и подлежат устранению, представлены в таблице 1.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления вала-шестерни применяется сталь 34ХН3М, содержание химических элементов в которой приведено в таблице 2. Механические свойства стали 34ХН3М приведены в таблице 3.

Таблица 2 Содержание химических элементов в стали 34ХН3М [18]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo
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 3 – Механические свойства стали 34ХН3М [22]

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

Сварка стали 34ХН3М усложняется по причине опасности получения холодных трещин в околошовной зоне. Для обеспечения равнопрочности основного и наплавленного металла необходимо снизить содержание углерода в металле сварного шва и легировать его соответствующими элементами. Однако, это, в свою очередь, приведёт к повышению вероятности образования горячих трещин в металле сварного шва. Исходя из этого следует заключить, что задача обеспечения равнопрочности основного металла и наплавленного металла при восстановлении деталей машин из стали 34ХН3М стоит остро [19], [20].

Кроме того, действие термического цикла на основной металл и металл сварного шва приводит к снижению его пластических свойств и вязкости. В связи с этим, равнопрочность основного и наплавленного металла требует применения различных технологических приёмов и специальных наплавочных материалов.

На основании вышеизложенного можно сформулировать основные трудности, которые предстоит решить при построении технологии восстановительной наплавки вала из стали 34ХН3М [21], [23].

Первой трудностью является образование холодных трещин в околошовной зоне.

Второй трудностью является возникновение горячих трещин в наплавленном металле.

Третьей трудностью является разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

Холодные трещины образуются при локальном или транскристаллическом разрушении металла. Поскольку образование холодных трещин происходит после того, как сварное соединение остыло ниже 200 °С, их поверхность не содержит следов высокотемпературного окисления и имеет блестящий излом. Образование холодных трещин начинается сразу после охлаждения сварного соединения и продолжается в

течение нескольких дней после сварки или восстановительной наплавки. При этом трещины распространяются как в толщину основного металла, так и вдоль сварного шва. Траектория холодной трещины имеет характерные изломы, так как она распространяется нелинейно. Таким образом, внешними признаками холодной трещины является ломанная траектория и блестящая поверхность излома без следов окисления металла.

При восстановительной наплавке деталей из стали 34ХН3М на образование холодных трещин оказывают влияние следующие факторы:

- наличие растягивающих напряжений первого рода, которые образуются по причине жёсткости сварной конструкции и зависят от значений выбранных параметров режима сварки и техники ведения сварки;
- наличие в металле сварного шва мартенситной и бенитной составляющих;
- повышение содержания водорода в металле сварного шва, которое зависит от подготовки сварочных и наплавочных материалов, качества основного металла, подготовки поверхности деталей перед наплавкой и качества газовой защиты.

На образование холодных трещин при сварке низколегированных сталей оказывает влияние множество технологических факторов. Первым является температура перегрева околошовной зоны, а также скорость охлаждения околошовной зоны. Решающее влияние оказывает продолжительность нахождения металла в перегретом состоянии.

В тоже время, при уменьшении скорости охлаждения уменьшается количество повреждений на границах зёрен, что затрудняет образование микротрещин. Повышение пластичности мартенсита снижает склонность металла к образованию холодных трещин.

Также при замедленном охлаждении околошовной зоны уменьшаются продольные остаточные напряжения, что также снижает трещинообразование.

При сварке и наплавке стали 34ХН3М в металле шва и околошовной зоне возникают горячие трещины – межкристаллитные разрушения, которые образуются в процессе кристаллизации и вязкопластического деформирования.

Поскольку кристаллизация сварного шва сопровождается возникновением растягивающих напряжений, а кристаллизующийся металл сварного шва в горячем состоянии обладает малой деформационной способностью, происходит образование горячих трещин.

Теоретические представления о причинах образования горячих трещин при сварке сталей позволяют сформулировать следующие факторы, совокупное влияние которых повышает склонность к образованию горячих трещин:

- снижение упругих свойств металла при его нагреве до критических температур, для описания которого введён термин «температурный интервал хрупкости»;
- отсутствие пластичности металла в условиях температурного интервала хрупкости;
- скорость протекания процессов образования остаточных напряжений и деформаций при кристаллизации металла сварного шва.

Склонность металла к их образованию может быть определена с использованием оценочного параметра HCS, определяемого в зависимости от содержания таких элементов, как:

- углерод (повышает склонность к образованию горячих трещин),
- сера (повышает склонность к образованию горячих трещин),
- фосфор (повышает склонность к образованию горячих трещин),
- кремний (повышает склонность к образованию горячих трещин),
- никель (повышает склонность к образованию горячих трещин),
- марганец (уменьшает склонность к образованию горячих трещин),
- хром (уменьшает склонность к образованию горячих трещин),
- молибден (уменьшает склонность к образованию горячих трещин),

– ванадий (уменьшает склонность к образованию горячих трещин).

Расчёт значения коэффициента HCS выполняем с применением формулы:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + Si/25 + Ni/100) \cdot 1000}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V}, \quad (1)$$

где C, P, S, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов в металле в процентах.

После подстановки соответствующих значений в формулу (1) получаем значение коэффициента HCS для стали 34ХН3М:

$$HCS = \frac{0,34 \cdot (0,035 + 0,03 + 0,3/25 + 3/100) \cdot 1000}{3 \cdot 1 + 1 + 0,4 + 0} = 8.$$

Таким образом, расчёт по формуле (1) для стали 34ХН3М даёт HCS=8. При значениях HCS>4 сталь склонна к образованию горячих трещин.

Наблюдаемое разупрочнение металла сварного шва и околошовной зоны при сварке происходит по причине неполной перекристаллизации и высокого температурного отпуска. Негативный эффект от разупрочнения проявляется при длительной эксплуатации сварной конструкции, он проявляется в образовании усталостных трещин и снижении длительной прочности металла.

Склонность металла к разупрочнению при сварке и наплавке зависит от термического цикла металла при сварке, а также от правильности выполнения термической обработки после сварки. При увеличении погонной энергии сварки наблюдается усиление эффекта разупрочнения металла сварного шва и околошовной зоны. Образующаяся при этом мягкая прослойка способствует возникновению локальных разрушений конструкции, что происходит при длительной эксплуатации и особенно проявляется при изгибающих нагрузках.

1.3 Сведения о базовой технологии восстановительной наплавки вала

1.3.1 Подготовительные операции и предварительный нагрев

При выполнении восстановительной наплавки вала предусматривается проведение следующих операций:

- подготовка поверхности вала,
- предварительный подогрев вала,
- восстановительная наплавка,
- равномерное охлаждение,
- контроль качества.

При выполнении подготовительных операций проводят промывку вала и контроль его состояния.

Следует иметь в виду, что на поверхности вала присутствуют различные загрязнения, которые характеризуются высоким прилипанием (адгезией): следы смазки, продукты коррозии, следы защитного лака.

Удаление этих загрязнений проводят промывкой в керосине. Деталь выдерживают в ёмкости с керосином в течение 6...8 часов. Время выдержки может быть уменьшено, если в ёмкость с керосином подавать перегретый водяной пар. После выемки вала из ёмкости следует протереть его насухо с применением ветоши.

После промывки вала следует выполнить его дефектацию. Детали при этом разделяют на три группы. К первой группе относят годные детали, износ которых лежит в допустимом диапазоне, эти детали передают на склад готовой продукции. Ко второй группе относят ремонтпригодные детали, износ и повреждения на которых могут быть устранены имеющимися на предприятии техническими средствами, эти валы отправляют на склад для выполнения ремонта. К третьей группе относят забракованные детали, восстановление которых невозможно имеющимися на предприятии технологическими средствами, эти детали отправляются на утилизацию.

Степень износа зубьев на валу-шестерне определяют по внешнему осмотру и проведению измерений. При наличии на зубчаток колесе трещин, поломанных зубьев и отслоений на рабочей стороне зуба вал признают бракованным и отправляют на утилизацию.

На валах, отправляемых на ремонт, необходимо защитить от брызг расплавленного металла посадочные поверхности, которые следует закрыть мокрым асбестом.

Для предварительного нагрева вала применяется нагрев газовым пламенем, при этом температура поверхности контролируется в двух противоположных точках при помощи контактного термометра. Температура нагрева составляет 200...300 °С.

1.3.2 Параметры режима ручной дуговой наплавки

Восстановительную наплавку ведут ручной дуговой сваркой. В качестве наплавочных электродов применяются электроды, которые могут быть как специальными наплавочными, так и обычными сварочными, предназначенными для сварки легированных сталей. В качестве параметров режима при ручной дуговой наплавке выступают: величина тока наплавки и диаметр сварочного электрода.

С учётом последующей механической обработки зуба диаметр электрода принят $d_э = 4$ мм, что позволяет в несколько слоёв наплавить металл толщиной до 10 мм.

Величину тока наплавки определим по упрощённой формуле:

$$I = ((20 + 5d_э) \cdot d_э) \cdot 0,75 = ((20 + 5 \cdot 4) \cdot 4) \cdot 0,75 = 120 \text{ А} . \quad (2)$$

Далее вычисляем площадь поверхности наплавки одного зуба:

$$F_{б.н.з} = K_{б.н.з} \cdot \frac{H}{\cos \alpha} \cdot h = 1,3 \cdot \frac{820}{\cos 6^0} \cdot 45 = 37103 \text{ мм}^2 . \quad (3)$$

где h – высота зуба, которая принимается как $h = 44,97 \approx 45$ мм;

H – ширина зубчатого венца, которая принимается как

$$H = 820 \text{ мм};$$

$K_{б.п.з}$ – коэффициент, учитывающий эвольвентный профиль боковой поверхности зуба, значение которого берётся $K_{б.п.з} = 1,3$).

С учётом толщины наплавляемого слоя $S = 10$ мм рассчитываем объём наплавляемого металла:

$$V_{н.м} = F_{б.п.з} \cdot S_{общ} = 37103 \cdot 10 = 371030 \text{ мм}^3 = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3. \quad (4)$$

Далее выполняем расчёт массы наплавленного металла с учётом плотности $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$:

$$g_{н.м} = V_{н.м} \cdot \rho = 3,7 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 2,9 \text{ кг} = 2900 \text{ г}. \quad (5)$$

Далее следует выполнить расчёт массы электродного металла по формуле:

$$g_{э.м} = \frac{g_{н.м}}{0,8} = \frac{2900}{0,8} = 3625 \text{ г}. \quad (6)$$

С учётом длины рабочей части электрода $L = 420$ мм и диаметра электрода $d_э = 4$ мм проводим расчёт массы рабочей части электрода по формуле:

$$g_э = F_{эл} \cdot L_{эл} \cdot \rho = \frac{(3,14 \cdot 4^2 \cdot 420 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3})}{4} = 41 \text{ г}, \quad (7)$$

где $F_{эл}$ – площадь электрода.

Для полученных данных рассчитаем необходимое количество наплавочных электродов для наплавки одного зуба вала-шестерни:

$$N = \frac{g_{э.м}}{g_э} = \frac{3625}{41} \approx 88 \text{ электродов}. \quad (8)$$

С учётом того, что количество зубьев на одном валу-шестерне составляет $N = 35$, определим общее количество электродов для наплавки:

$$N_1 = 35 \cdot N = 35 \cdot 88 = 3080 \text{ электродов.} \quad (9)$$

Далее вычислим время наплавки одного зуба для коэффициента расплавления $\alpha_p = 10 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ с использованием формулы:

$$t = \frac{g_{\text{э.м}}}{\alpha_p \cdot I} = \frac{3625}{10 \cdot 120} = 3 \text{ часа} \approx 180 \text{ мин.} \quad (10)$$

Далее выполним расчёт общего времени наплавки 35 зубьев по формуле:

$$t_{\text{общ}} = 35 \cdot t = 35 \cdot 180 = 6300 \text{ мин.} \quad (11)$$

1.3.3 Описание сварочного источника питания техники наплавки и материалов для наплавки

Восстановительную наплавку проводим с применением в качестве источника питания сварочной дуги аппарата Русич С 300, который представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сварочный аппарат Русич С 300

При сварке следует избегать перегрева наплавленного слоя. Для этого наплавку ведут отдельными валиками, обеспечивая полное охлаждение ранее

наплавленного валика. При проведении восстановительной наплавки положение электрода должно соответствовать показанному на рисунке 3.

При наплавке во избежание выгорания легирующих элементов следует поддерживать минимальную длину дуги, которая составляет 0,5...1,1 диаметра электрода.

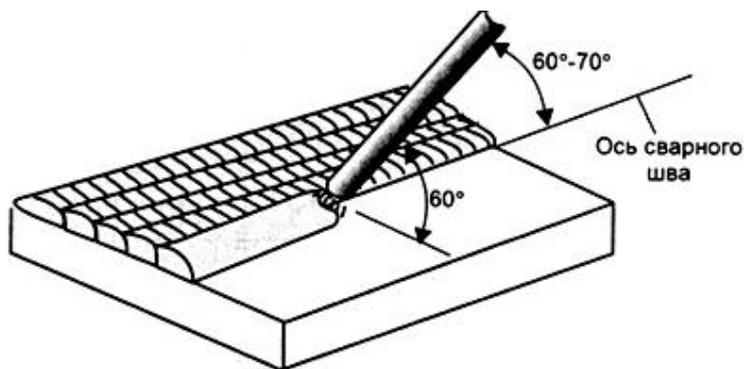


Рисунок 3 – Положение электрода при наплавке отдельными валиками

При восстановительной наплавке зубьев вала-шестерни следует выбирать электроды, обеспечивающие химический состав наплавленного металла сходный с химическим составом основного металла. Электродная проволока выбранного электрода имеет состав Н-34ХН3М (0,34%С, 1% Сг, 3% Ni, 0,35%), при этом электрод имеет обозначение

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

Это условное обозначение расшифровывается как: электроды диаметром 4 мм; тип – Э85, марка – Т-590, предназначение – наплавка («Н»), электроды имеют толстое покрытие второй группы качества («Д2») и позволяют получать наплавленный слой с пределом прочности до 300 МПа; покрытие электродов – основное («Б»). Наплавку следует вести в нижнем положении («4») на постоянном токе обратной полярности («0»).

После выполнения наплавки следует обеспечить равномерное остывание восстановленного вала. Для этого следует поместить наплавленный вал в ящик с песком на 6 часов.



Рисунок 4 – Общий вид зубофрезерного станка 5А342

После наплавки и остывания следует выполнить фрезерование зубов на станке 5А342, который представлен на рисунке 4. Этот станок позволяет фрезеровать цилиндрические зубчатые колёса методом единичного деления с применением пальцевой или дисковой фрезы, а также методом обкатки с применением червячной фрезы.

1.4 Анализ преимуществ и недостатков базовой технологии, формулировка задач выпускной квалификационной работы

Базовый вариант восстановительной наплавки предполагает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами.

Преимуществами такой технологии являются, во-первых, возможность наплавки относительно большой толщины, что позволяет получать значительную производительность при восстановлении износа существенной величины, как, в рассматриваемом варианте. Во-вторых, оборудование для наплавки не обладает высокой сложностью и позволяет проводить транспортировку в место выполнения восстановительной наплавки. В-третьих, ручная дуговая наплавка может быть применена для восстановления деталей машин со значительными габаритными размерами, т.е. ограничение по размерам наплавляемых деталей отсутствует.

В-четвёртых, для восстановительной ручной дуговой наплавки не требуется высокой квалификации сварщика и обслуживающего персонала. В-пятых, за счёт изменения состава наплавочных электродов при ручной дуговой наплавке есть возможность коррекции химического состава наплавленного слоя.

Недостатками восстановительной ручной дуговой наплавки являются, во-первых, часто неудовлетворительное качество наплавленного слоя в следствие перехода в него химических элементов из основного металла, что приводит к снижению износостойкости и прочностных свойств. Во-вторых, при ручной дуговой наплавке наблюдается значительный перегрев детали, что может привести к её короблению. В-третьих, сварщику, проводящему наплавку, необходимо получить теоретические сведения по особенностям металлургических процессов при наплавке, а само качество наплавки в значительной мере определяется квалификацией сварщика. В-четвёртых, при ручной дуговой наплавке выбор сочетаний основного и наплавляемого материалов значительно меньше, чем при других перспективных способах наплавки. В-пятых, следует отметить малую производительность ручной дуговой наплавки и тяжёлые условия труда сварщика, которому приходится работать в среде сварочного аэрозоля и копоти, образующихся при горении электрода.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи на выполнение выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали,
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали,
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности и экономического эффекта при внедрении в производство [8].

2 Проектная технология восстановительной наплавки вала

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

При восстановлении валов применяется несколько вариантов построения технологии в зависимости от состояния вала [7], три наиболее распространённых варианта представлены на рисунке 5.

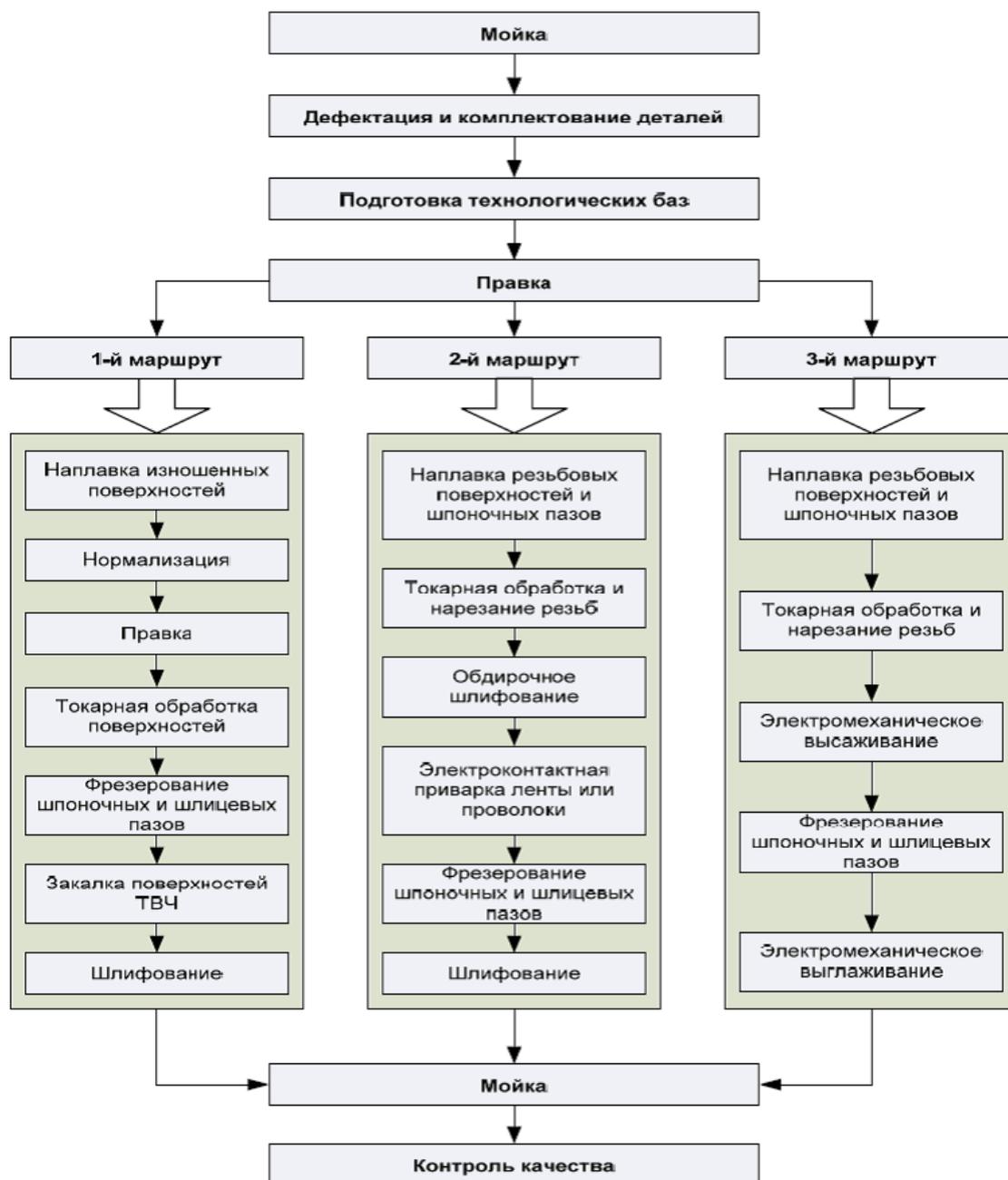


Рисунок 5 – Построение технологического процесса восстановления валов и осей [7]

Выбор того или иного технологического маршрута восстановления вала определяется степенью его износа и технологическими особенностями рассматриваемых способов восстановления.

При восстановлении валов по первому технологическому маршруту предполагается работа со значительным износом, который требует выполнения наплавки и последующей механической обработки. Вторым маршрутом применяется при восстановлении валов с использованием электроконтактной приварки проволоки или ленты. Третий маршрут позволяет проводить восстановление валов с применением электромеханической обработки. Если восстанавливаются резьбовые и шпоночные поверхности, восстановление вала следует вести по первому или второму технологическому маршруту из-за значительного износа. Рассматриваемый вариант восстановления зубьев вала предусматривает выполнение операций по первому технологическому маршруту.

С использованием данных, полученных в работе [4], может быть построена таблица 4, в которой приведена сравнительная характеристика различных способов восстановительной наплавки деталей машин.

Таблица 4 – Характеристика различных способов восстановительной наплавки [4]

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

При выполнении ручной дуговой наплавки, схема которой представлена на рисунке 6, возможно не только восстановление геометрических размеров деталей машин, но и повышение их стойкости по отношению к коррозии, термической и контактной усталости, абразивному износу [9], [12], [17].

Ручная дуговая наплавка штучными электродами продолжает занимать лидирующие позиции среди других способов восстановления деталей машин. Широкое применение ручной дуговой наплавки объясняется присущими её положительными свойствами: относительная дешевизна и простота сварочного оборудования, возможность проведения сварки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования, построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

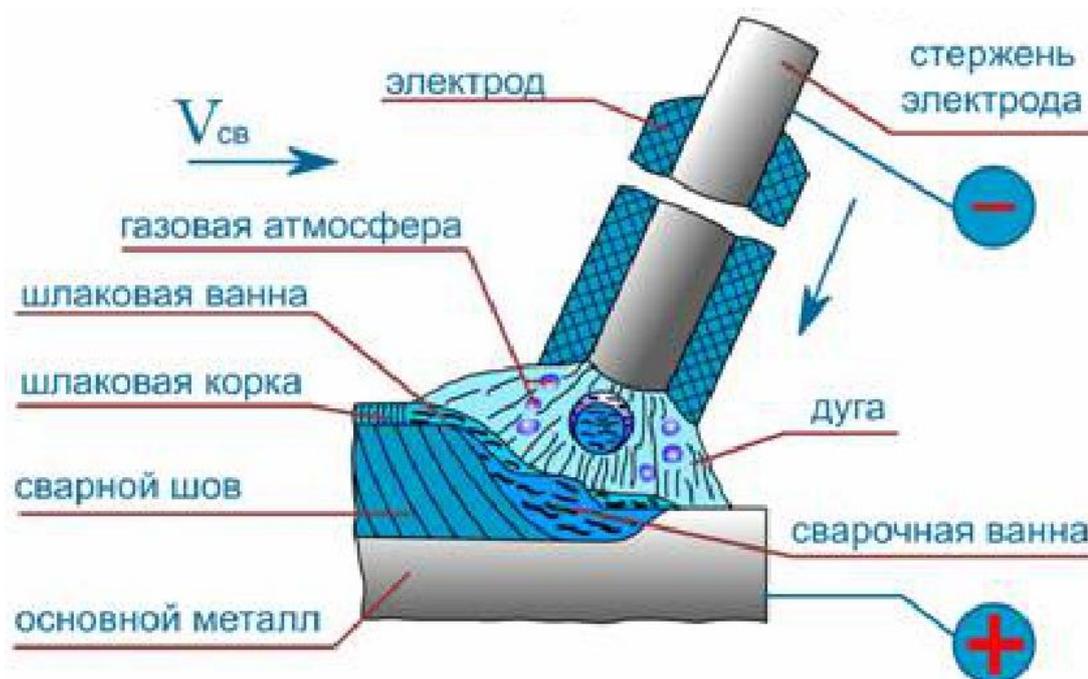


Рисунок 6 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

В настоящее время применение ручных способов сварки и наплавки уменьшается в пользу механизированных и автоматических способов. Это

обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве [1], [2], [13]:

- увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;
- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

Значительная роль в восстановлении деталей машин отводится механизированной и автоматической наплавке в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 7.

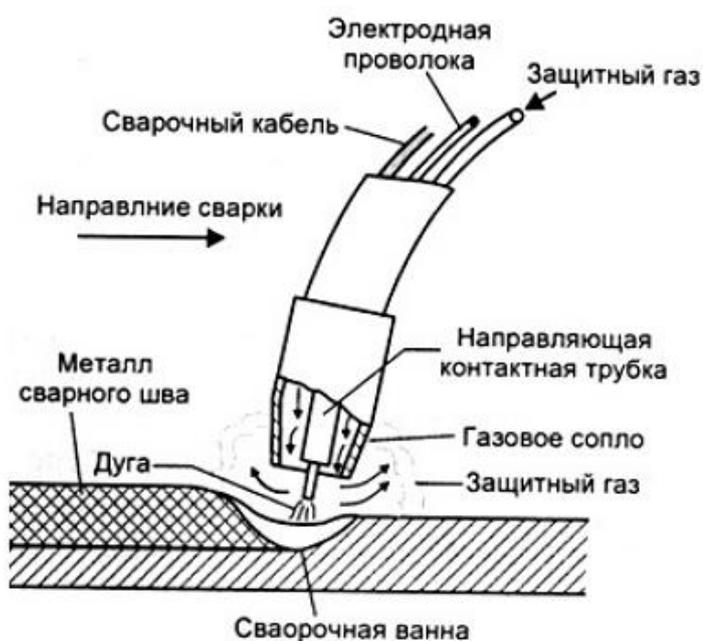


Рисунок 7 – Схема выполнения наплавки в углекислом газе

Наплавку в среде углекислого газа ведут постоянным током обратной полярности. В зависимости от основного металла восстанавливаемой детали проводят выбор сварочной проволоки, на который также оказывают влияние требования к составу и свойствам наплавленного металла.

Выбор скорости подачи проволоки осуществляют в зависимости от величины тока наплавки таким образом, чтобы обеспечить отсутствие обрывов дуги и коротких замыкания. При наплавке соблюдают шаг между наплавленными валиками 2,5...3,5 мм, при этом следует обеспечить перекрытие валиков на $1/3$ их толщины.

В качестве преимуществ наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах следует отметить [15], [16]:

- производительность, которая выше, чем у ручной дуговой наплавки;
- в процессе наплавки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве наплавленного металла и производительности наплавки;
- оборудование для механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой наплавки, но намного проще, чем для наплавки неплавящимся электродом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это деталей порошковая проволока.
- расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой наплавкой и наплавкой порошковой проволокой вязкостью, что позволяет выполнять наплавку в различных пространственных положениях.

Особенности механизированной и автоматической наплавки проволоками сплошного сечения в защитных газах обуславливают не только преимущества, но и существенные недостатки этого способа восстановления деталей машин.

Первым недостатком является наличие газовых баллонов и механизма подачи проволоки, что несколько усложняет способ сварки и снижает его мобильность по сравнению с ручной дуговой наплавкой.

Вторым недостатком является повышенное разбрызгивание электродного металла, которое ограничивает ток наплавки и не позволяет повысить производительность наплавочных работ за счёт перехода на форсированные режимы.

Третьим недостатком является пониженная пластичность расплавленного металла, из-за чего повышается вероятность получения трещин в наплавленном слое.

При лазерной наплавке, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, образование наплавленного слоя происходит за счёт нагрева и плавления присадочного материала лазерным излучением. При лазерной наплавке происходит минимальное подплавление основного металла, поэтому состав и свойства наплавленного металла в значительной степени определяются составом и свойствами присадочного материала.

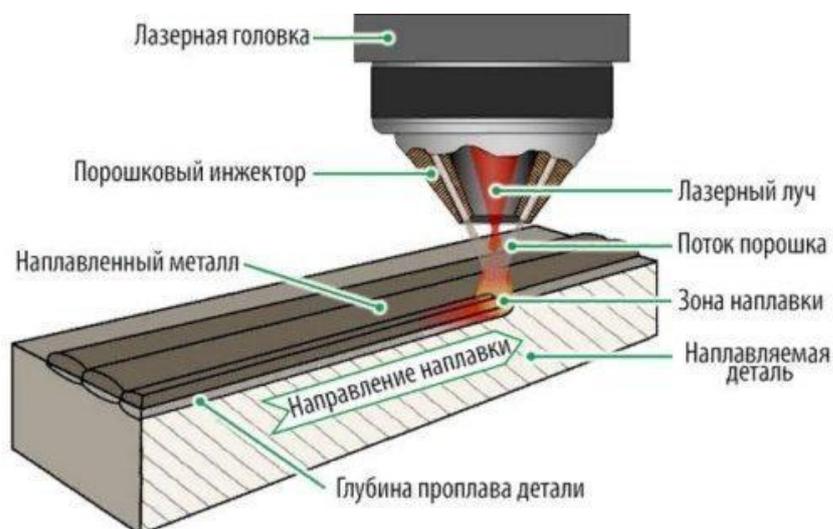


Рисунок 8 – Схема выполнения лазерной наплавки

При лазерной наплавке применяется три основных способа.

Первый способ предусматривает предварительное нанесение наплавочного материала на поверхность восстанавливаемых деталей. Для

этого используют наплавочный материал в виде специальной пасты, далее пасту оплавливают лазерным излучением, последовательно перемещая его по поверхности нанесённого слоя пасты. Способ характеризуется простотой осуществления и применяемого оборудования, однако трудоёмкость способа значительно выше, чем у других способов лазерной наплавки. Кроме того, из-за поверхностного натяжения расплавленного металла возможно получение неравномерности свойств наплавляемого металла по толщине и площади восстанавливаемой поверхности.

Второй способ, представленный на рисунке 9-а, до недавнего времени был наиболее распространён, предусматривает боковую подачу газопорошковой смеси. За счёт равномерности подачи присадочного материала обеспечивается равномерность получаемого покрытия по толщине и свойствам. При этом появляется возможность нанесения композитных материалов на поверхность восстанавливаемых деталей машин. Этот способ характеризуется несимметричностью подачи порошка в зону нагрева, по причине чего возможно нарушение геометрии и свойств наплавляемых валиков.

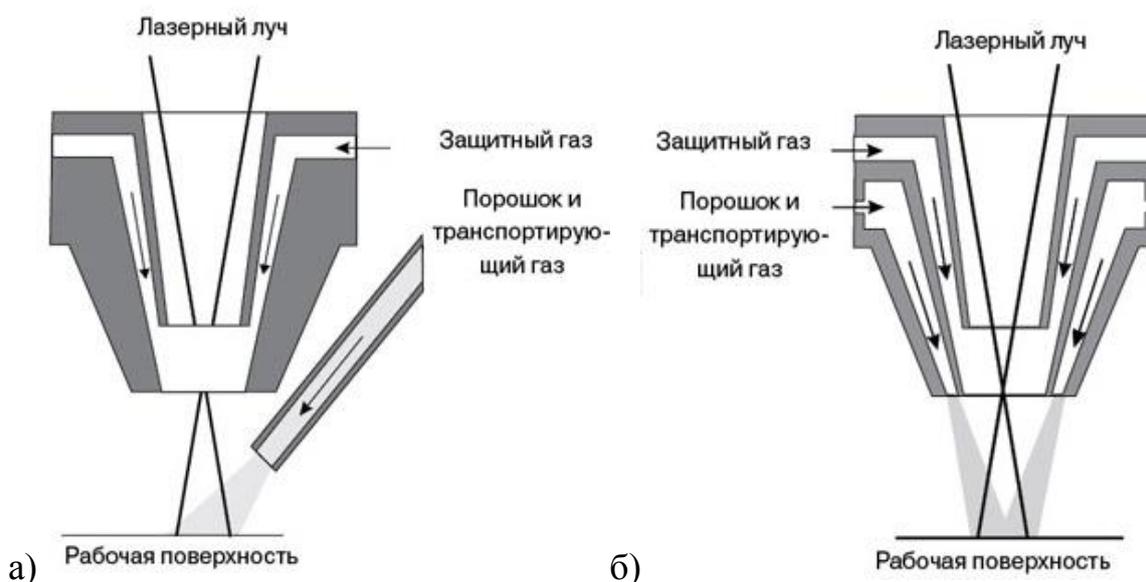


Рисунок 9 – Схема выполнения лазерной наплавки при боковой подаче (а) и коаксиальной подаче (б) присадочного материала

Третий способ, представленный на рисунке 9-б, предусматривает выполнение коаксиальную подачу присадочного материала в зону лазерного луча, при этом подача происходит равномерно со всех сторон в виде конуса. Этот способ обладает наибольшей универсальностью по сравнению с описанными выше способами лазерной наплавки, позволяет получать как однородные, так и композитные наплавленные поверхности. Также способ характеризуется производительностью и высоким качеством наплавленной поверхности. Основным недостатком коаксиальной лазерной наплавки является сложность применяемого технологического оборудования.

Плазменная наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 10, является относительно новым и перспективным способом восстановления деталей машин, который позволяет обеспечить минимальную глубину проплавления основного металла и требуемые свойства наплавленного металла [6], [14]. Для расплавления присадочного материала применяются тепловые и динамические свойства сжатой дуги.

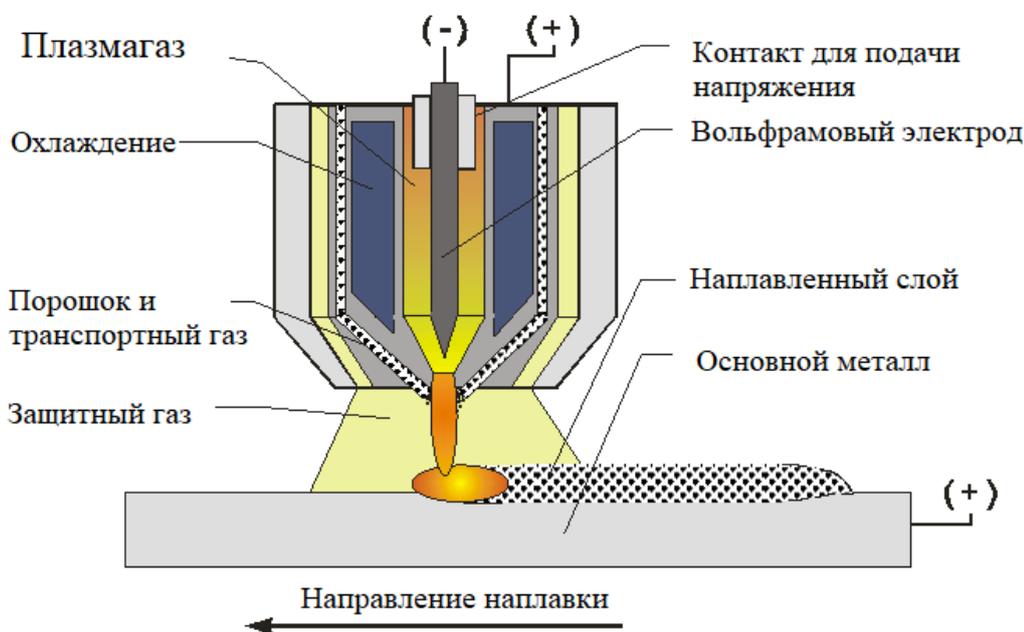


Рисунок 10 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

Для получения плазменной струи (сжатой дуги) используются плазматроны (специальные плазменные горелки).

В качестве преимуществ плазменной наплавки следует отметить:

- получение при плазменной наплавке наплавленного слоя с заданными химическим составом и свойствами, что обеспечивается возможностью подачи в зону плазменной струи различных присадочных материалов.;
- малое тепловое воздействие на основной металл восстанавливаемой детали;
- возможность полной автоматизации процесса восстановления детали, что положительно сказывается на экономических показателях и производительности способа.

В качестве недостатков плазменной наплавки, которые ограничивают её внедрение, следует отметить:

- возникающие при плазменной наплавки растягивающие напряжения;
- неоднородность структуры наплавленного слоя;

Кроме того, следует признать, что в настоящее время отечественная промышленность не выпускает достойного оборудования для плазменной наплавки, а стоимость импортных образцов может оказаться критически высокой для российских предприятий.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа восстановления деталей машин следует сделать вывод, что для построения проектной технологии восстановления вала-шестерни целесообразно применить плазменную наплавку.

2.2 Обоснование выбора наплавочного материала

Применение плазменной наплавки позволяет не только восстановить геометрию изношенной детали, но и существенно повысить её эксплуатационные свойства. Исходя из этого выбор присадочного материала должен обеспечивать такую возможность повышения эксплуатационных свойств.

В значительном числе случаев в качестве присадочного материала применяют порошок меди (ПМС-Ву или ПМС-В). Наплавленный слой, полученный с применением таких порошков, обладает хорошими антифрикционными свойствами, кроме того, следует отметить малую стоимость этих присадочных порошков. Недостатками применения порошков меди является малая стойкость получаемых с их применением покрытий и слоёв.

В качестве присадочного порошка для нанесения износостойких слоёв может применяться порошок молибдена (ПНЭ-1 или ПНЭ-2). Применение этих порошков характеризуется высокой прочностью и твёрдостью покрытия. В числе недостатков применения этих порошков следует отметить их высокую стоимость и значительный расход при наплавке.

При применении в качестве присадочного материала порошка никеля марок ПНК2К8 и ПНК2К9 обеспечивается хорошее сплавление с основой.

Применение для плазменной наплавки порошков титана позволяет получать наплавленные и напылённые слои с высокой пластичностью и твёрдостью, но при этом возникают значительные остаточные напряжения, которые могут ухудшить эксплуатационные свойства восстанавливаемых деталей.

Порошки хрома позволяют получать слои высокой прочности и твёрдости, однако наплавленный слой плохо противостоит ударным нагрузкам и даёт значительные остаточные напряжения из-за разности в коэффициентах термического расширения основного металла и направленного слоя.

На основании вышеизложенного следует заключить, что применение однокомпонентных порошков при восстановлении рассматриваемой детали можно признать нецелесообразным. Далее рассмотрим возможность применения сплавов.

При применении нихрома марки ПХ20Н80 обеспечивается высокая прочность и твёрдость наплавленных и напылённых слоёв. Однако следует

учитывать относительно низкие пластические свойства и значительные остаточные напряжения в наплавляемых слоях.

При применении самофлюсующихся порошков системы Ni-Cr-B-Si (СНГС-60, СНГС-50, СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, СНГС-55, ПН70Х17С4Р4) следует отметить хорошее сплавление с основой и высокую прочность наплавленных слоёв, которые также могут успешно противостоять ударным нагрузкам. Также следует отметить высокую прочность сплавления с ранее выполненными наплавленными слоями и высокую стойкость против износа. Однако при использовании этих порошков следует принимать во внимание значительные остаточные напряжения, возникающие вследствие разницы в коэффициентах термического расширения основного металла и наплавленного слоя. Также в качестве недостатка следует указать высокую стоимость этих порошков.

Присадочные порошки системы Ni-Al (марок ПН85Ю15 и ПН70Ю30) позволяют получать слои с хорошим сопротивлением действию повышенных температур и обладающих антифрикционными свойствами. Однако, наплавленные слои имеют недостаточное сопротивление изнашиванию.

Присадочные порошки системы Ni-Ti марок ПН12Т88 и ПН55Т45 позволяют получать наплавленные слои с хорошими пластическими, прочностными и антифрикционными свойствами. Однако из-за высокой разности коэффициентов термического расширения основного металла и наплавленного слоя при их использовании возможно образование значительных остаточных напряжений.

Хромистая сталь, получаемая на поверхности деталей при использовании порошка П2Х13, имеет близкий к основному металлу коэффициент линейного расширения, при использовании этого порошка обеспечивается хорошее сплавление с основным металлом, так же порошок обладает малой стоимостью по сравнению с другими аналогичными порошками. Однако получаемые слои имеют малое сопротивление абразивному изнашиванию.

Возможно применение композиционных порошков марок ПНА-75, ПНА-80, ПНА-95, ПТ-НА-01 и НА-67, которые позволяют получать наплавленные слои с высокой прочностью и твёрдостью, обладающие высокими антифрикционными свойствами. Однако наплавленный металл обладает малой сопротивляемостью знакопеременным нагрузкам.

В качестве композиционного порошка может быть применён ПТ-19Н-01, который позволяет получать наплавленные слои с высокими прочностью и пластичностью. Недостатком этого порошка является высокая разность коэффициентов термического расширения основного металла и наплавленного слоя, что приводит к образованию значительных остаточных напряжений. Также следует отметить, что наплавленный слой обладает малым сопротивлением ударным нагрузкам.

На основании анализа наиболее применяемых присадочных порошков для плазменной наплавки для построения проектной технологии предложим такую систему наплавки. Первым слоем наплавляют порошок ПТ-НА-01. Далее вторым слоем наплавляют самофлюсующийся сплав NI-Cr-B-Si. Третьим слоем наплавляют сплав никель-алюминий. Применение самофлюсующегося сплава позволяет получить хорошее сплавление слоев и сопротивляемость ударным нагрузкам. Применение для наплавления третьим слоем сплава никель-алюминий позволяет получить высокие антифрикционные свойства восстанавливаемой поверхности.

2.3 Описание операций технологического процесса восстановления вала

Снятый с технологической установки вал с использованием внутрицеховых транспортных средств поступает на восстановительный участок. На участке организовано место складирования деталей, которые подлежат восстановлению.

На первой операции происходит очистка поверхности вала от загрязнений. Качественно проведенная операция очистки обуславливает дальнейшее производительное восстановление, качество восстановления и эксплуатационные характеристики восстанавливаемых деталей машин. Операция очистки определяет культуру производства.

Очистку вала от загрязнений проводят с использованием щелочного состава, в качестве которого используется препарат МЛ-51 или препарат МЛ-52, приготовленные в виде водного раствора. Концентрация раствора составляет 10...30 г/л, для использования готовый раствор подогревают до температуры 75...80 °С.

Компоненты в моющем составе МЛ-51 присутствуют в соотношении: кальцинированная сода – 10 г/л, тринатрий фосфат – 18 г/л каустическая сода – 5 г/л. Для очистки поверхности детали применяется моющая машина М216Е2, которая представлена на рисунке 11. Продолжительность очистки поверхности вала – 30...40 минут.



Рисунок 11 – Моющая машина М216Е2

После выполнения операции очистки вал поступает на стол дефектовщика, где выполняется его осмотр на предмет обнаружения недопустимых дефектов и измерения исправимых дефектов и износа.

Детали при этом разделяют на три группы. К первой группе относят годные детали, износ которых лежит в допустимом диапазоне, эти детали

передают на склад готовой продукции. Ко второй группе относят ремонтпригодные детали, износ и повреждения на которых могут быть устранены имеющимися на предприятии техническими средствами, эти валы отправляют на склад для выполнения ремонта. К третьей группе относят забракованные детали, восстановление которых невозможно имеющимися на предприятии технологическими средствами, эти детали отправляются на утилизацию.

Степень износа зубьев на валу-шестерне определяют по внешнему осмотру и проведению измерений. При наличии на зубчаток колесе трещин, поломанных зубьев и отслоений на рабочей стороне зуба вал признают бракованным и отправляют на утилизацию.

Далее проводится дробеструйная обработка поверхности вала.

После этого восстанавливаемая деталь закрепляется в станке, и выполняется последовательная наплавка восстановительных слоёв.

Первый слой наплавляют при параметрах режима:

- величина тока наплавки – 315 А,
- напряжение на сжатой дуге – 65 В,
- расход азота – 0,5 л/мин,
- расход аргона – 1,5 л/мин,
- расход присадочного порошка – 0,55...0,62 г/см;
- фракция присадочного порошка – 60 мкм;
- присадочный порошок – ПТ-НА-01.

Второй слой наплавляют при параметрах режима:

- величина тока наплавки – 350 А,
- напряжение на сжатой дуге – 70 В,
- расход азота – 0,5 л/мин,
- расход аргона – 1,5 л/мин,
- расход присадочного порошка – 0,5...0,58 г/см;
- фракция присадочного порошка – 60 мкм;
- присадочный порошок – смесь ПН85Ю15М-95%+ Х17СР1-5%.

Третий слой наплавляют при параметрах режима:

- величина тока наплавки – 350 А,
- напряжение на сжатой дуге – 70 В,
- расход азота – 0,5 л/мин,
- расход аргона – 1,5 л/мин,
- расход присадочного порошка – 0,5...0,58 г/см;
- фракция присадочного порошка – 60 мкм;
- присадочный порошок – смесь ПН85Ю15М-75%+ X17CP1-25%.

Другие операции технологического процесса по сравнению с базовым технологическим процессом проходят без изменений.

Для проведения плазменной наплавки применяется установка, представленная на рисунке 12, в состав которой входят станина 1, вращатель 2, пульт управления 3, суппорт станка 4, пиноль станка 5, сварочный пистолет 6, бункер подачи порошка 7, привод вращения 8, задняя бабка 9, защитный экран 10, установочное приспособление 11.

Установка для наплавки выполнена на базе токарного станка А364.

Крепление плазматрона в суппорте станка выполняется с использованием оснастки, представленной на рисунке 13. В состав оснастки входят стойка 1, фланец 2, планка 3, муфта 4, направляющая 5, регулировочный винт 6, шайба 7, втулка 9, косынка 10, усилитель 11, коромысло 13, фланец 14, направляющая 15, прокладка 15, направляющий штифт 17.

Крепление плазматрона выполняется к планке 3, которая закреплена на муфте 4.

В состав планировки технологического участка по проведению восстановительной наплавки, который представлен на рисунке 14, входит стеллаж для изношенных деталей 1, ванна для моющего раствора 2, верстак слесарный 3, комплекс контрольно-измерительный 4, станок сверлильный 5, электропечь СНО 6, дробеструйная камера 7, пост нанесения защитных покрытий 8, установка плазменной наплавки 9, тележка для перевозки 13.

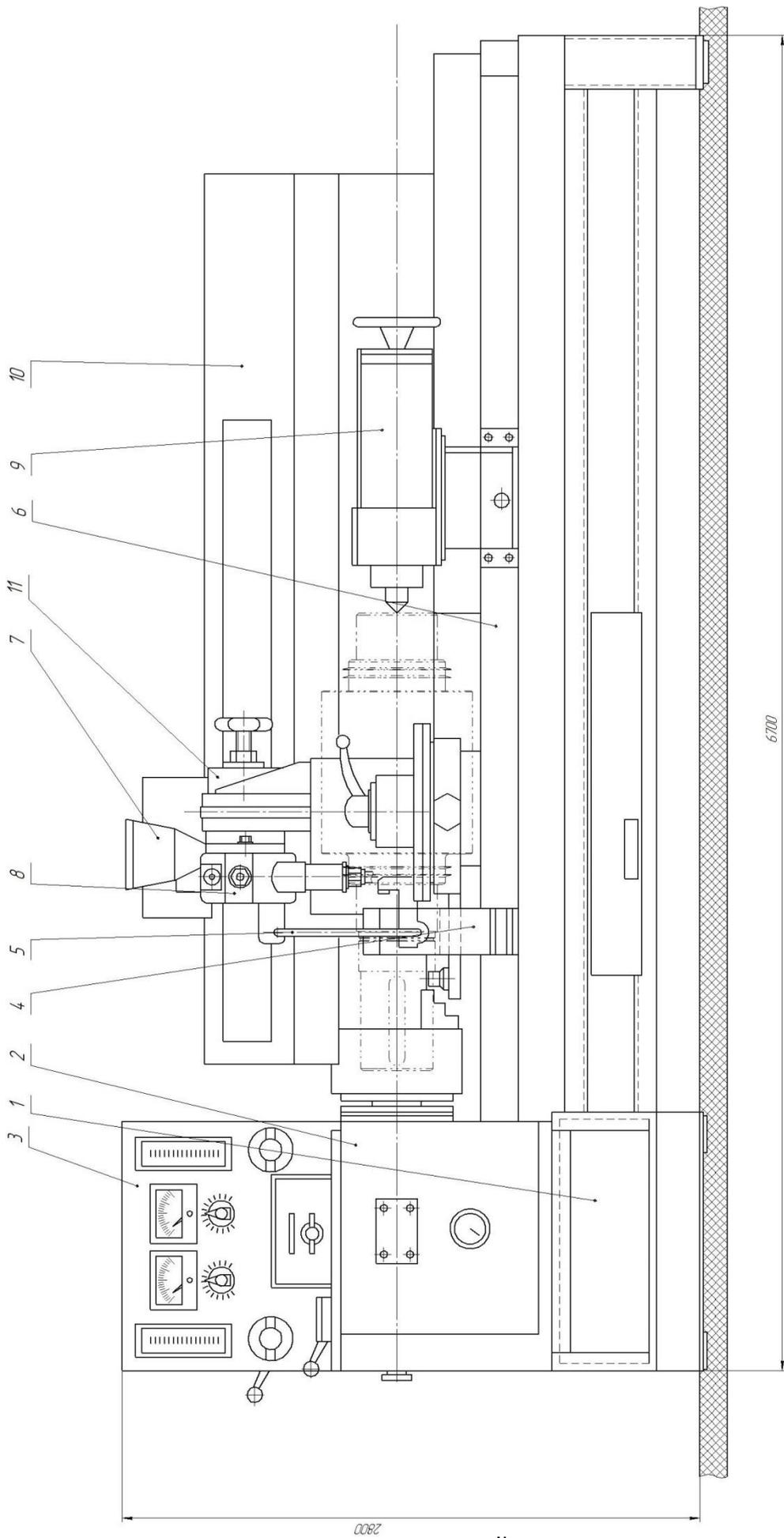


Рисунок 12 – Установка для плазменной наплавки

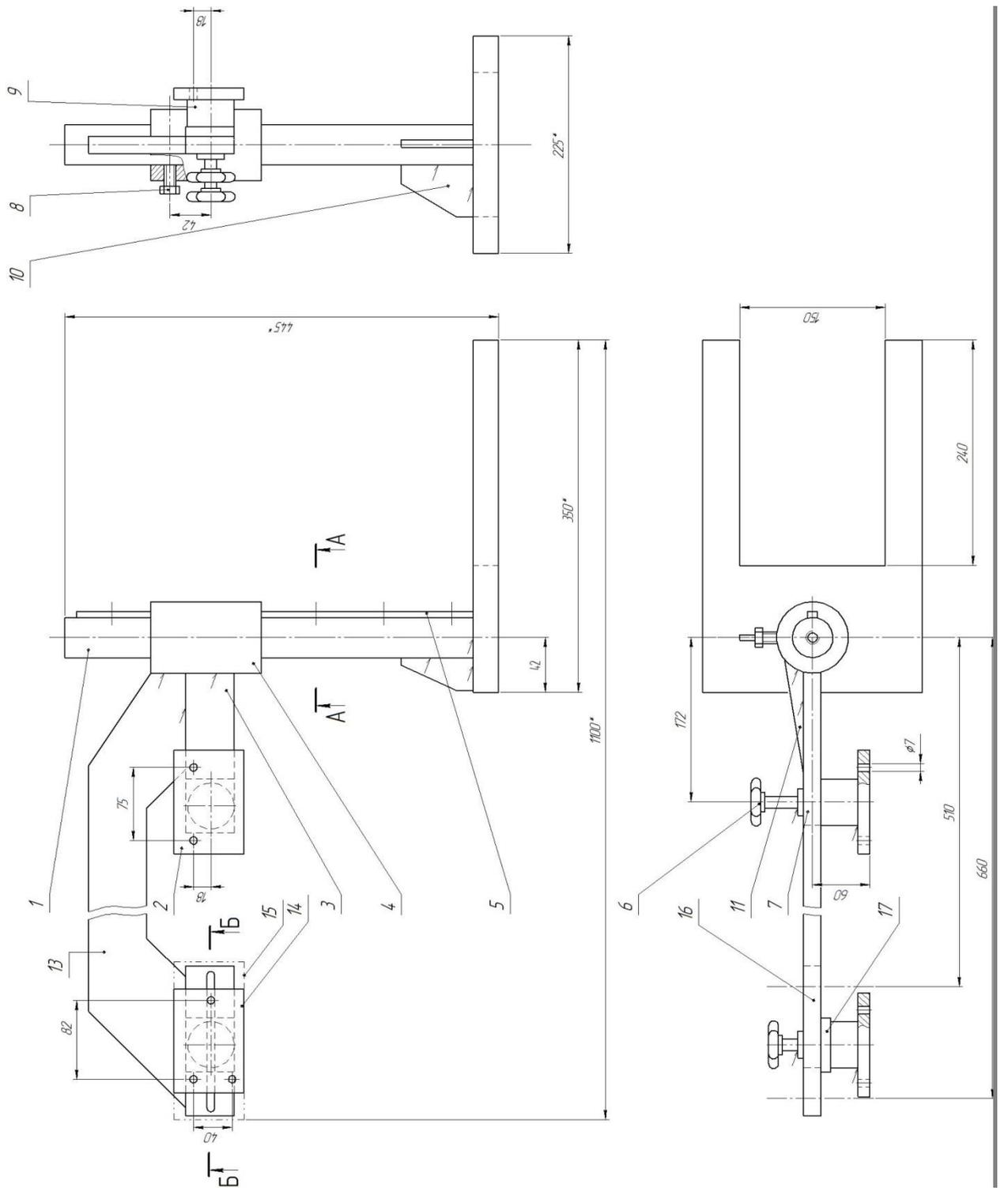


Рисунок 13 – Приспособление для крепления плазматрона

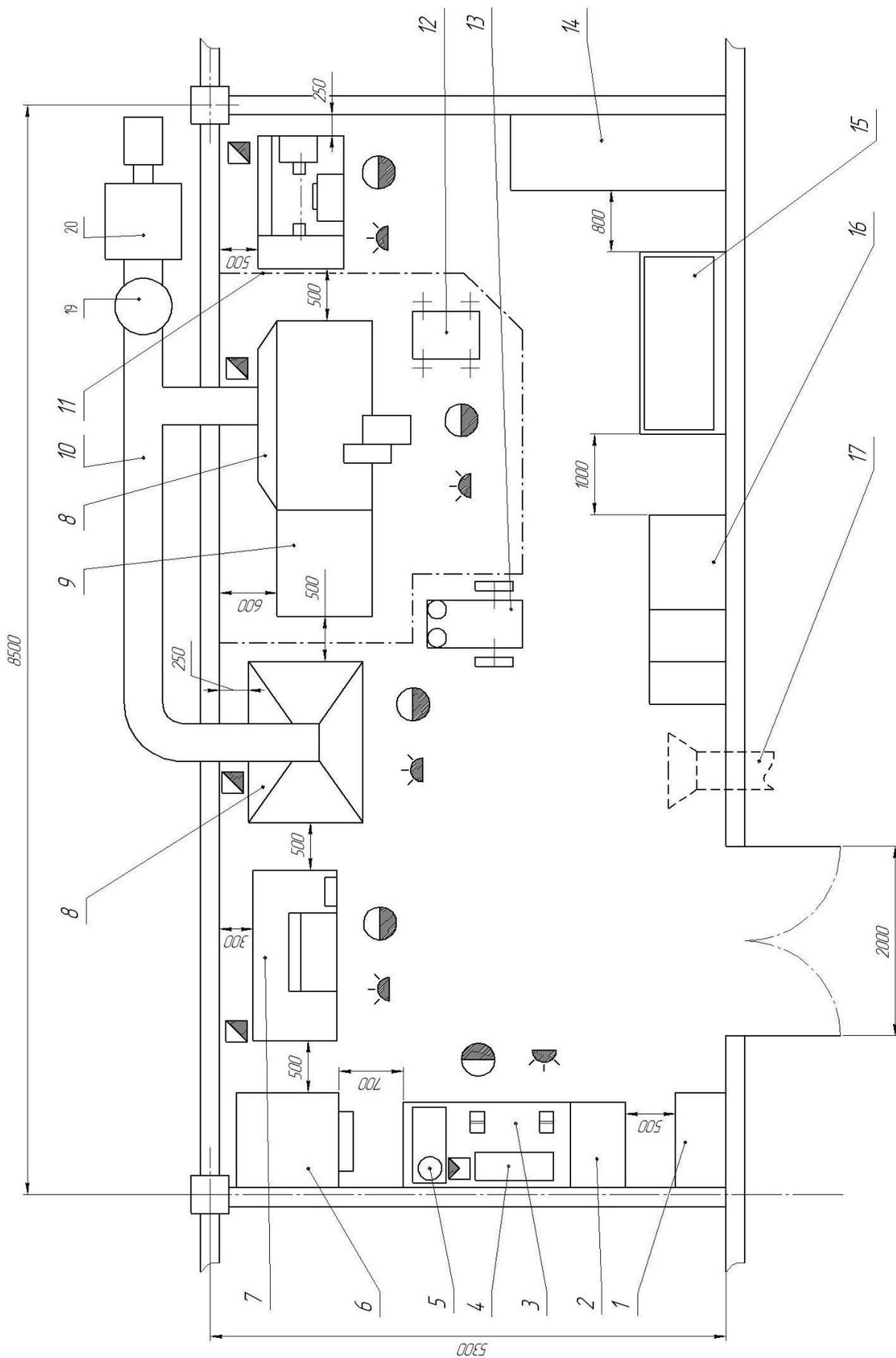


Рисунок 14 – Планировка участка

Также в состав восстановительного участка входят вентиляционные каналы 10, защитный экран 11, тележка для перевозки и хранения деталей 12, стеллаж для хранения готовой продукции 14, помывочная ванна 15, стеллаж для хранения инструмента 16, приточная вентиляция 17, пылеотделяющий циклон 18, вентилятор 19.

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления вала бумагоделательной машины из стали 34ХН3М.

Анализ состояния вопроса позволил выполнить постановку задач на выполнение выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали;
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать плазменную наплавку.

Решена задача по составлению технологического процесса. Проектная технология предусматривает следующие операции: подготовка поверхности вала; восстановительная наплавка; равномерное охлаждение; контроль качества.

Решена задача выбора присадочных материалов, назначения параметров режима и выбора оборудования.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности [3] и экономического эффекта [10], [11] при внедрении в производство.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология восстановительной наплавки вала бумагоделательной машины из стали 34ХН3М.

Базовый вариант восстановительной наплавки предполагает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать плазменную наплавку.

Решена задача по составлению технологического процесса. Проектная технология предусматривает следующие операции: подготовка поверхности вала; восстановительная наплавка; равномерное охлаждение; контроль качества.

Решена задача выбора присадочных материалов, назначения параметров режима и выбора оборудования.

Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Таблица 5 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
- подготовка детали под наплавку	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина моечная; - микроомметр	- моечный раствор; - вода техническая; - призма базирующая
- подготовка поверхности под наплавку	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- дробеструйная камера; - краскопульт	- мастика защитная; - дробь металлическая
- плазменная наплавка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- установка плазменной наплавки валов; - копир	- порошок наплавочный; - защитный газ
- контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Анализ данных в таблице 5 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
- подготовка детали под наплавку	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- машина моечная; - микроомметр
- подготовка поверхности под наплавку	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;	- дробеструйная камера; - краскопульт
- плазменная наплавка	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- установка плазменной наплавки валов; - копир
- контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;

- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение
- ультразвуковое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 7. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Таблица 7 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 8. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 9

Таблица 8 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок ремонтной плазменной наплавки валов.	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4]	«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» [4].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [3].

Таблица 9 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения» [3]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 10 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной плазменной наплавки валов	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [3].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [3].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 10.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 11 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная плазменная наплавка валов	- подготовка детали - подготовка поверхности - наплавка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 11.

Таблица 12 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной плазменной наплавки валов грузовых автомобилей
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 12.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии восстановления деталей машин с применением плазменной наплавки.

В проектной технологии применяется автоматическая плазменная наплавка, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены

технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки длительно эксплуатируемых валов бумагоделательных машин.

По базовому варианту технологии восстановление валов происходит с применением ручной дуговой наплавки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать плазменную наплавку.

Решена задача по составлению технологического процесса. Проектная технология предусматривает следующие операции: подготовка поверхности вала; восстановительная наплавка; равномерное охлаждение; контроль качества.

Решена задача выбора присадочных материалов, назначения параметров режима и выбора оборудования.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [10].

В таблицу 13 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 13 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	240 тыс.	1600 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	4	6
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	8	8
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 13 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (13)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ ч.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,0 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 1,1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,3 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_{\text{г}} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (15)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\text{г.баз.}} = 2054 / 3,0 = 684 \text{ за год;}$$

$$П_{\text{г.проектн.}} = 2054 / 1,3 = 1580 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $P_{г} = 300$ деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot P_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{3,0 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,4$$

$$n_{расч.пр} = \frac{1,3 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,2$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (17)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,4/1 = 0,4;$$

$$Kзн = 0,2/1 = 0,2.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – штучные электрод, а в проектном варианте технологии – присадочный порошок и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p ,

цены материалов C_m и коэффициента K_{tz} транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{m-z}, \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{баз.} = 270 \cdot 0,48 = 130 \text{ руб.};$$

$$M_{баз.} = 310 \cdot 0,44 + 90 \cdot 0,81 = 209 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{осн}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки $C_ч$ с учётом коэффициента K_d доплат к заработной плате:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d. \quad (19)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{осн.баз.} = 3,0 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 1,3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 367 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{осн}$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{доп.базов.} = 846 \cdot 12 / 100 = 102 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 367 \cdot 12 / 100 = 44 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$:

$$\Phi З П_{базов.} = 846 + 102 = 948 \text{ руб.};$$

$$\Phi З П_{проектн.} = 367 + 44 = 411 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (21)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 948 \cdot 34 / 100 = 322 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 411 \cdot 34 / 100 = 140 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (22)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 240000 \cdot 21,5 \cdot 3,0 / 2054 / 100 = 75 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 1600000 \cdot 21,5 \cdot 1,3 / 2054 / 100 = 217 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{ээ}} / КПД. \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 4 \cdot 3,0 \cdot 3,02 / 0,7 = 52 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 6 \cdot 1,3 \cdot 3,02 / 0,85 = 28 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{\text{баз.}} = 75 + 52 = 127 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 217 + 28 = 245 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 130 + 948 + 322 + 127 = 1527 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 209 + 411 + 140 + 245 = 1005 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1527 + 1,5 \cdot 846 = 1527 + 1269 = 2796 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1005 + 1,5 \cdot 367 = 1005 + 550 = 1555 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{зав}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной платы $Z_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{цех}$:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2796 + 1,15 \cdot 846 = 2796 + 973 = 3769 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1555 + 1,15 \cdot 367 = 1555 + 422 = 1977 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	130	209
2. Фонд заработной платы	ФЗП	948	411
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	322	140
4. Затраты на оборудование	Зоб	127	245
5. Технологическая себестоимость	Стех	1527	1005
6. Цеховые расходы	Рцех	1269	550
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2796	1555
8. Заводские расходы	Рзав	973	422
9. Заводская себестоимость» [11]	$C_{зав}$	3769	1977

На основании данных в таблице 14 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (28)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизации N_a :

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_a / 100). \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 240000 - (240000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 85200 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 85200 \cdot 0,40 = 34080 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (30)$$

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр} = 1600000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 336000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (32)$$

Величина затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

$$K_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (33)$$

$$K_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (34)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 240000 \cdot 0,05 = 12000 \text{ руб.}$$

$$K_{монт} = 1600000 \cdot 0,05 = 80000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 12000 + 80000 = 92000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 336000 + 92000 = 428000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$K_{дон} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (35)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дон} = 428000 - 34080 = 393920 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_r как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r. \quad (36)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 428000/300 = 142 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 34080/300 = 113 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт.б.} - t_{шт.пр.}) \cdot 100 \% / t_{шт.б.} \quad (37)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{3,0 - 1,3}{3,0} \cdot 100\% = 57\%$$

Повышение производительности труда Π_r , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

$$\Pi_r = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (38)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_r = 100 \cdot 57 / (100 - 57) = 133 \text{ \%}.$$

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (39)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1527 - 1005) \cdot 100\% / 1527 = 34 \%$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Pr_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot П_2. \quad (40)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (3769 - 1977) \cdot 300 = 537600 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}. \quad (41)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 428000 / 537600 = 0,7 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_2 , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{дон}} \quad (42)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_2 = 537600 - 0,33 \cdot 428000 = 396360 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии восстановление валов происходит с применением ручной дуговой наплавки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

На основании анализа каждого способа восстановления деталей машин по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию восстановления строить на базе плазменной наплавки.

В результате применения проектной технологии следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 57 %, а производительность труда увеличилась 133 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 34 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,538 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,396 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,7 года.

Заключение

В работе поставлена цель - повышение производительности и качества восстановления вала бумагоделательной машины из стали 34ХНЗМ.

Базовый вариант восстановительной наплавки предполагает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами.

Недостатками восстановительной ручной дуговой наплавки являются, во-первых, часто неудовлетворительное качество наплавленного слоя в следствие перехода в него химических элементов из основного металла, что приводит к снижению износостойкости и прочностных свойств. Во-вторых, при ручной дуговой наплавке наблюдается значительный перегрев детали, что может привести к её короблению. В-третьих, сварщику, проводящему наплавку, необходимо получить теоретические сведения по особенностям металлургических процессов при наплавке, а само качество наплавки в значительной мере определяется квалификацией сварщика. В-четвёртых, при ручной дуговой наплавке выбор сочетаний основного и наплавленного материалов значительно меньше, чем при других перспективных способах наплавки. В-пятых, следует отметить малую производительность ручной дуговой наплавки и тяжёлые условия труда сварщика, которому приходится работать в среде сварочного аэрозоля и копоти, образующихся при горении электрода.

Анализ состояния вопроса позволил выполнить постановку задач на выполнение выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали;
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Решена задача обоснования выбора способа восстановительной наплавки. На основании анализа литературных данных предложено использовать плазменную наплавку.

Решена задача по составлению технологического процесса. Проектная технология предусматривает следующие операции: подготовка поверхности вала; восстановительная наплавка; равномерное охлаждение; контроль качества.

Решена задача выбора присадочных материалов, назначения параметров режима и выбора оборудования.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,396 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы предлагается использовать на предприятиях для восстановления деталей машин с применением плазменной наплавки.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алёшин Н. П., Чернышов Г. Г. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2-х томах. М.: Машиностроение, 2004. Том. 2. 480 с.
2. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
4. 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.
5. Бойцов Ю.П., Иванов С. Л., Фокин А. С. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования : учеб. пособие // Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) : СПб, 2006. 99 с.
6. Гладкий П. В., Переплётчиков Е.Ф., Рябцев А. И. Плазменная наплавка // К. : Екологія, 2007. 292 с.
7. 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.
8. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра : учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2014. 52 с.

9. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций : учебно-методическое пособие к курсовому проектированию. Тольятти : ТГУ, 2008. 77 с.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
12. Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М. : Машиностроение, 1989. 264 с.
13. Николаев А. Г. (пред.) Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. 462 с.
14. Малаховский В. А. Плазменные процессы в сварочном производстве // М. : Высшая школа, 1988. 72 с.
15. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов А. Д. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
16. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.
17. Походня И. К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития // Сварочное производство. 2003. № 6. С. 26–40.
18. Протопопов Е. А., Вальтер А. И., Протопопов А. А. Обобщённая температурная зависимость ударной вязкости улучшенных легированных сталей // Известия ТулГУ, Технические науки. 2014. Том. 11. С. 110–116.
19. 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, 1979. 462 с.

20. 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.

21. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

22. Шахпазов Е. Х., Зайцев А. И., Родионов И. Г. Ключевые направления развития металлургической технологии по обеспечению растущих требований к качеству стали // Электromеталлургия. 2011. № 2. С. 2–12.

23. Шахпазов Е. Х., Зайцев А. И., Родионов И. Г. Современные проблемы металлургии и материаловедения стали // Металлург. 2009. №4. С. 25–31.