

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология восстановления вала прошивного стана

Студент

П.В. Алексеев
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Типовой деталью прошивного стана, которая подвергается интенсивному износу и требует постоянной замены, является шестигранный вал, который в процессе работы испытывает значительные нагрузки, приводящие к износу его граней.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки валов прошивного стана.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обосновать выбор способа наплавки рассматриваемого изделия,
- составить проектную технологию восстановительной наплавки.

Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой наплавки штучными электродами на наплавку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Изучение особенностей технологического процесса восстановительной наплавки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,182 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,18 года.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной наплавки валов прошивного стана	7
1.1 Описание конструкции вала и условий его эксплуатации.	7
1.2 Сведения о материале вала прошивного стана.	10
1.3 Базовая технология восстановительной наплавки вала прошивного стана.	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	14
2 Проектная технология восстановительной наплавки вала прошивного стана.	15
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	15
2.2 Приспособление для наплавки.	21
2.3 Повышение эффективности наплавки.	25
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	29
3.1 Технологическая характеристика объекта	29
3.2 Идентификация профессиональных рисков	30
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	32
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	35
3.5 Обеспечение экологической безопасности	37
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	39
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	41
4.3 Расчет штучного времени	42
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	44

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности.	51
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников	55

Введение

В настоящее время перед промышленностью Российской Федерации стоит задача обеспечить повышение производительности и снижение стоимости изготовления металлических полуфабрикатов. Этот прорыв без раскачки будет обеспечен при условии снижения расходов на поддержание работоспособности технологического оборудования. Как показывает практика, приобретение и установка запасных частей на прокатные и прошивные станы составляет порядка 40 % трудоёмкости и 50 % себестоимости товарной продукции.

Типовой деталью прошивного стана, которая подвергается интенсивному износу и требует постоянной замены, является шестигранный вал, который в процессе работы испытывает значительные нагрузки, приводящие к износу его граней.

Как показала многолетняя практика эксплуатации и ремонта деталей машин, порядка 75 % выбраковываемых деталей могут быть успешно восстановлены с получением исходных свойств. При этом современные технологии реновации позволяют не только восстановить свойства деталей до исходного состояния, но и существенно повысить их [4], [11].

Проведение ремонта деталей машин вместо их полной замены экономически более целесообразно. Ремонт детали требует меньших затрат времени и материалов, чем изготовление новой детали и её поставка потребителю. В связи с этим, следует признать, в качестве приоритетного направления энергосбережения и ресурсосбережения именно восстановление деталей машин.

В числе перспективных направлений обеспечения ресурсосбережения и импортозамещения современного производства следует указать повышение эффективности восстановительной наплавки за счёт разработки новых наплавочных материалов и внедрения наукоёмких технологий [8], [9].

В настоящее время валы прошивного стана ремонтируются при помощи ручной дуговой наплавки штучными электродами.

Повышение эффективности ремонтных работ требует замены ручной дуговой наплавки на более производительный способ восстановления.

В числе недостатков ручной дуговой наплавки следует отметить, во-первых, низкую производительность. Во-вторых, ручная дуговая наплавка проходит при тяжёлых условиях сварщика, которые связаны с повышенной загазованностью рабочей зоны. В-третьих, при ручной дуговой наплавке сложно получить необходимое качество наплавленного слоя, часто возникают дефекты наплавки.

Практический опыт по реновации деталей машин позволяет установить, что дефекты наплавки возникают в случае нарушения заданных параметров режима наплавки, недостаточно качественно проведённой подготовки поверхности деталей под наплавку, неправильный выбор технологии наплавки и наплавочных материалов [1], [10], [15], [20].

В настоящий момент отрасль испытывает дефицит отечественных запасных частей, выпуск которых по отношению к 2000 году снизился в десятки раз. Также следует принимать во внимание увеличение стоимости импортных запасных деталей и усложнение их доставки. Повышение эффективности восстановления изнашиваемых деталей позволяет существенно экономить трудовые и материальные ресурсы, а также снизить простой оборудования.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки валов прошивного стана.

Достижение поставленной цели должно быть основано на изучении современных источников научно-технической информации о применении перспективных способов восстановления деталей машин и аппаратов.

1 Современное состояние ремонтной наплавки валов прошивного стана

1.1 Описание конструкции вала и условий его эксплуатации

Прошивной стан СВП-120 (производства «ЭЗТМ»), представленный на рисунке 1, позволяет изготавливать гильзы длиной до 2 метров из углеродистых, нержавеющей и жаропрочных сталей, а также никелевых сплавов. Диаметр труб на выходе составляет 40...120 мм. Главный привод стана – два электрических двигателя мощностью по 200 кВА.

При работе стана нагретые заготовки поштучно подаются на наклонную решётку и вводятся в желоб стана. Далее заготовка деформируется валками рабочей клетки, осуществляется прошивка гильзы. После этого готовая гильза выходит из клетки и сбрасывается на решетку-холодильник.



Рисунок 1 – Прошивной стан СВП-120 производства «ЭЗТМ»

Рабочая поверхность шестигранного вала согласно рисунку 2 представляет собой шестигранник, который вписывается в окружность диаметром 200 мм. При этом углы шестигранника стачиваются под диаметр 190 мм.

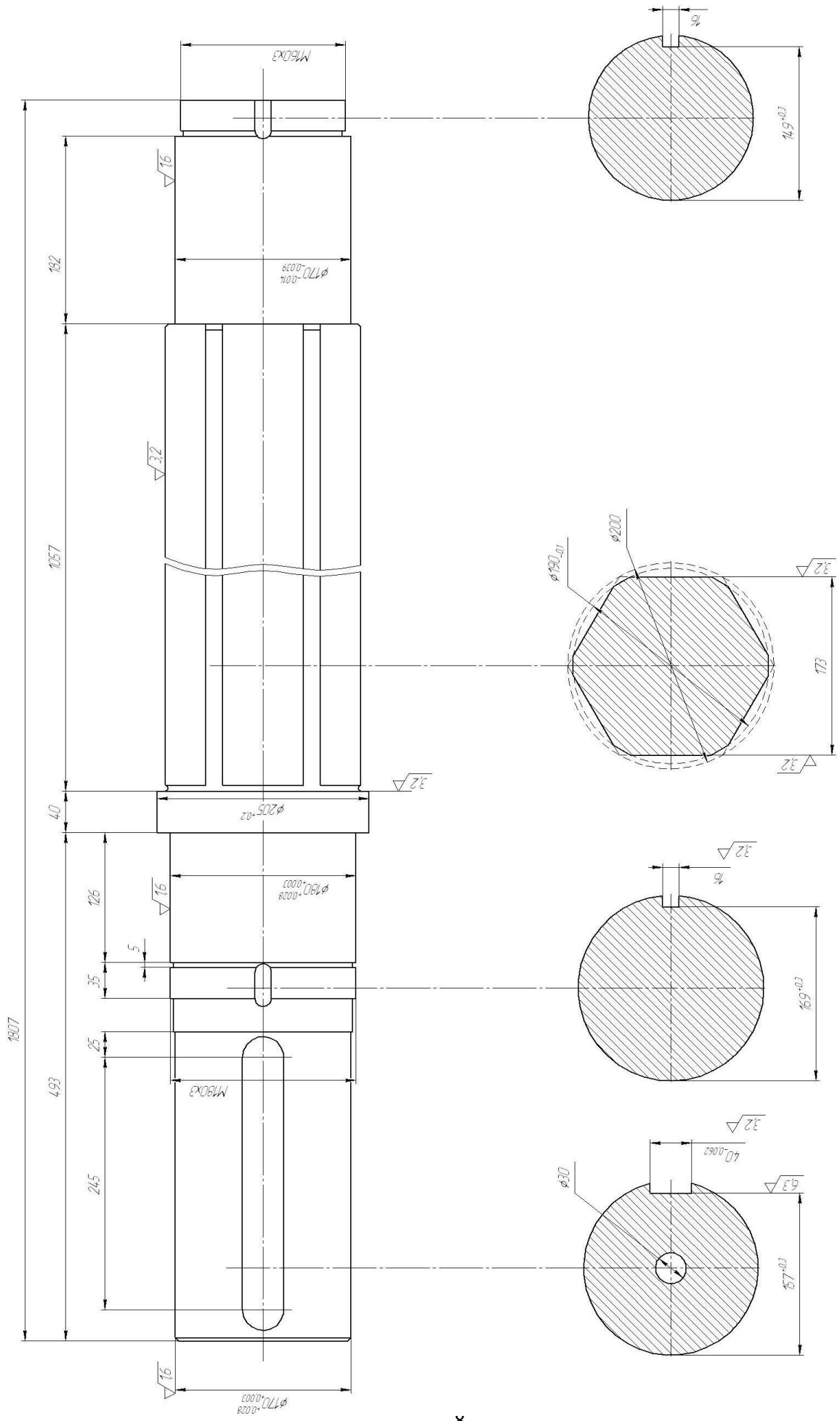


Рисунок 2 – Вал шестигранный

Длина вала составляет 1,8 метра. При работе происходит интенсивный износ шестигранного профиля. При этом грани сминаются и стачиваются до диаметра 178 мм, как показано на рисунке 3. После выполнения контрольных операций вал подлежит замене или восстановлению. Это требуется, потому что дальнейшая эксплуатация вала с таким износом выполняется с нарушением углов установки валков. Это существенно снижает производительность формирования и ускоряет износ валков. Работа на изношенных валах повышает вероятность аварийной остановки прошивочного стана.

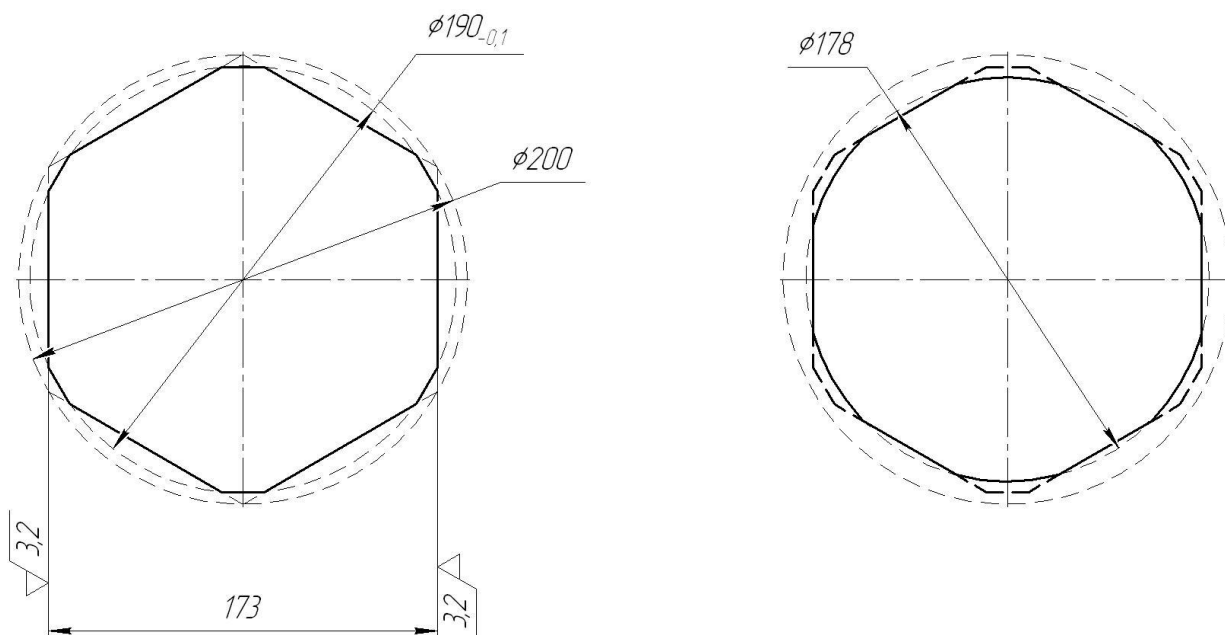


Рисунок 3 – Вал новый и изношенный

Стоимость одного вала с учётом его доставки из КНР составляет 10 тыс. евро, при этом с учётом возможной континентальной блокады и возрастания международной напряжённости оперативная доставка валов из КНР затруднена. В связи с этим рассматривается возможность восстановительной наплавки валов прошивного стана.

На предприятии существуют наработки по построению технологического процесса восстановительной наплавки аналогичных деталей меньшего диаметра и длины с применением ручной дуговой

наплавки штучными электродами. Применительно к рассматриваемому изделию следует рассмотреть возможность повышения эффективности восстановительных работ с применением перспективных способов наплавки.

1.2 Сведения о материале вала прошивного стана

Материалом для изготовления вала прошивного стана служит сталь 45X. Содержание химических элементов в стали 45X представлено в таблице 1. Сталь 45X относится к углеродистым качественным сталям, благодаря повышенной износостойкости, твёрдости и прочности эта сталь нашла применение при изготовлении ответственных деталей машин: валов, шатунов, шестерен. Повышенные механические свойства стали 45X достигаются за счёт повышения содержания в ней углерода.

Повышенное содержание в стали 45X углерода вызывает трудности при сварке и наплавке [16], [18], [19]. Сталь 45X относится к трудносвариваемым сталям из-за трудностей, которые возникают при её сварке. К первой трудности относится высокая вероятность появления горячих трещин. Ко второй трудности относится высокая вероятность появления холодных трещин. К третьей трудности относится сложность получения металла сварного шва равнопрочному основному металлу.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 45X

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Медь
0,41 – 0,49	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8 – 1,1	до 0,3

Горячие трещины устраняются при правильной технике ведения наплавки. Необходимо выполнять наплавку на минимальной длине дуги. При заплвлении кратера необходимо добиваться получения на его поверхности выпуклого мениска. Выводить кратер на основной металл запрещается.

В случае вынужденного обрыва дуги следует убедиться в отсутствии кратерной трещины и только после этого повторно возбуждать дугу. Если

обнаружена кратерная трещина, её необходимо удалить механическим способом. На склонность к образованию горячих трещин оказывает влияние правильный выбор наплавочных материалов. В частности, применение порошковой проволоки существенно снижает вероятность образования горячих трещин.

Для того, чтобы устранить опасность появления холодных трещин при сварке стали 45Х следует обеспечить оптимальный термический цикл за счёт правильного подбора параметров режима и техники сварки. Необходимо, чтобы погонная энергия наплавки была минимально и обеспечивала минимальное время нахождения металла в перегретом состоянии (температура более 1000 °С).

В случае невозможности уменьшения погонной энергии, перед выполнением восстановительной наплавки следует применить предварительный подогрев детали. Предварительный подогрев до температуры 200...300 °С существенно снижает вероятность образования холодных трещин.

Также на стойкость изделия против образования холодных трещин положительно влияет термическая обработка после проведения восстановительной наплавки. Для этого проводят низкий отпуск, который приводит к измельчению структуры наплавленного и значительно снижает остаточные напряжения в детали после восстановительной наплавки.

Для того, чтобы обеспечить равнопрочность наплавленного и основного металла, следует применять термическую обработку после выполнения восстановительной наплавки по схеме «нормализация плюс отпуск». На равнопрочность основного и наплавленного металла также положительно влияет правильный выбор наплавочных материалов, которые должны иметь пониженное содержание углерода.

1.3 Базовая технология восстановительной наплавки вала прошивного стана

Выполнение восстановительных операций вала прошивного стана согласно базовой технологии предусматривает ручную дуговую наплавку штучными электродами. На предприятии уже делались попытки применения ручной дуговой сварки по отношению к аналогичным деталям меньших габаритов.

Первая операция – подготовка поверхности вала перед наплавкой. Перед выполнением наплавки следует выполнить тщательную очистку поверхности детали от грязи и жира. Проведение такой очистки приведёт к уменьшению образования пор в наплавленном металле. Перед выполнением наплавочных работ необходимо удалить все поверхностные дефекты и наклёпанный слой с применением механических методов очистки. Также при механической обработке необходимо выровнять поверхность с неравномерной выработкой по высоте. Поверхность и прилегающие к ней участки на расстоянии 10 мм должны быть очищены от загрязнений и заусенцев. После механической обработки и зачистки подготовленную деталь передают на пост наплавки.

Вторая операция – предварительный подогрев. Подогрев вала выполняется газовой горелкой до температуры 200...300 °С. При предварительном нагреве вала не допускается перегрев его поверхности выше температуры красного каления.

Третья операция – наплавка. Для восстановительной наплавки применяется сварочный выпрямитель ВД-301, представленный на рисунке 4а. Наплавку выполняют в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности. Толщина наплавляемого слоя составляет 1...2 мм. При наплавке применяют электроды диаметром 4 мм, наплавку ведут на токе 170...200 А и напряжении на дуге 18...24 В. Для того, чтобы снизить выгорание легирующих элементов, наплавку ведут короткой дугой, длина

которой не должна превышать диаметра электрода. При ведении электрод следует держать наклонно под углом $60...70^\circ$ к направлению движения. Перекрытие валиков должно составлять $30...50\%$ от ширины валика. При выполнении восстановительной наплавки следует учитывать припуск на механическую обработку $2,5...4$ мм.

При наплавке применяются электроды ОЗН-300. Перед наплавкой следует прокалить электроды при температуре $300...350^\circ\text{C}$. Длительность прокаливания составляет 1 час. После прокаливания электроды могут быть использованы в течение одних суток. В противном случае следует выполнить повторную прокаливку электродов.

При выполнении восстановительной наплавки в несколько слоёв следует тщательно зачищать каждый предыдущий слой до чистого металла. Далее выполняют контроль качества визуальным осмотром, выявляя наличие таких дефектов, как выходящие на поверхность поры, непровары, трещины, шлаковые включения. В случае обнаружения дефектов их зачищают и заваривают с повторным контролем качества. Исправлять дефекты на одном и том же месте допускается не более двух раз. В противном случае вал следует отправить на утилизацию.

После наплавки, удаления шлака и контроля качества вал передают на механическую обработку. С использованием станка СФ 676, представленного на рисунке 4б, на нём формируют заданный шестигранный профиль.



Рисунок 4 – Технологическое оборудование для восстановительной наплавки: а) сварочный выпрямитель ВД-301; б) универсальный фрезерный станок СФ676

Ручная дуговая наплавка осуществляется стандартным сварочным оборудованием, специальной организации поста не требуется. Процесс наплавки может быть начат практически сразу после разработки соответствующей технологии с применением имеющегося на предприятии оборудования.

В числе недостатков ручной дуговой наплавки следует отметить, во-первых, низкую производительность. Во-вторых, ручная дуговая наплавка проходит при тяжёлых условиях сварщика, которые связаны с повышенной загазованностью рабочей зоны. В-третьих, при ручной дуговой наплавке сложно получить необходимое качество наплавленного слоя, часто возникают дефекты наплавки.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки валов прошивного стана.

Выявленные недостатки базовой технологии заставляют выполнять поиск более эффективных способов восстановления изделия.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбор способа наплавки рассматриваемого изделия,
- составить проектную технологию восстановительной наплавки.

В оценочном блоке выпускной квалификационной работы следует оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал.

Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной наплавки.

2 Проектная технология восстановительной наплавки вала прошивного стана

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

Предварительный анализ работ по вопросу восстановительной наплавки деталей типа валов, выполненный на основании учебного материала, пройденного на кафедре сварки ТГУ, позволяет заключить, что в качестве альтернативных способов наплавки могут быть рассмотрены несколько способов. Во-первых, ручная дуговая наплавка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 5. Во-вторых, наплавка под флюсом, схема выполнения которой представлена на рисунке 6. В-третьих, механизированная наплавка проволокой сплошного сечения в защитных газах, схема выполнения которой приведена на рисунке 7. В-четвёртых, наплавка порошковой самозащитной проволокой, схема выполнения которой приведена на рисунке 8. В-пятых, плазменная наплавка, схема выполнения которой приведена на рисунке 9.

Для ручной дуговой наплавки применяются стандартные источники сварочного тока. Процесс наплавки может быть начат практически сразу после разработки соответствующей технологии с применением имеющегося на предприятии оборудования.

Выбор электрода для ручной дуговой наплавки производится с учётом технологии наплавки и условий работы наплавленного металла. Эксплуатационные свойства наплавленного металла в значительной степени зависят от температуры предварительного подогрева, параметров режима способа ведения электрода, погонной энергии, условий охлаждения наплавленного металла. Вследствие этого наплавка одними и теми же электродами позволяет получать наплавленный металл с различными свойствами.

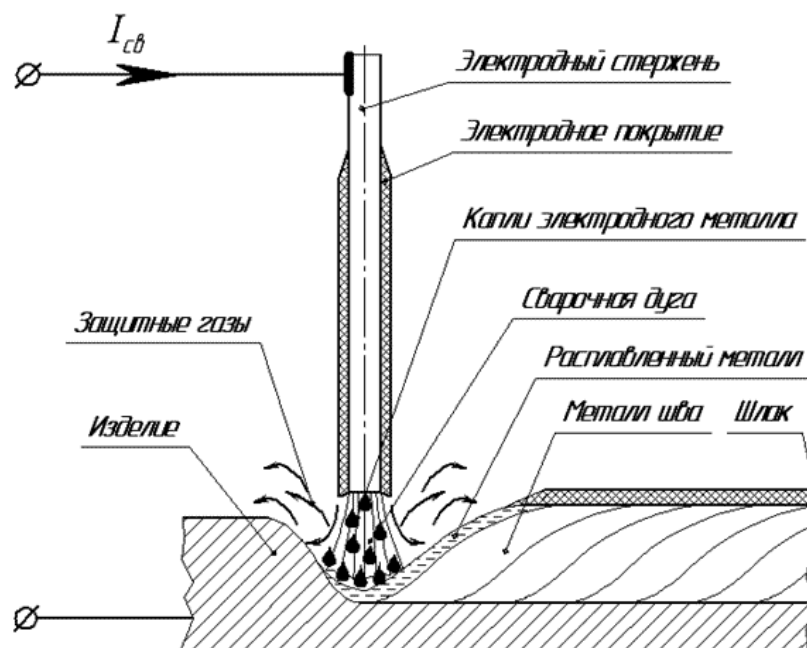


Рисунок 5 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки штучными электродами

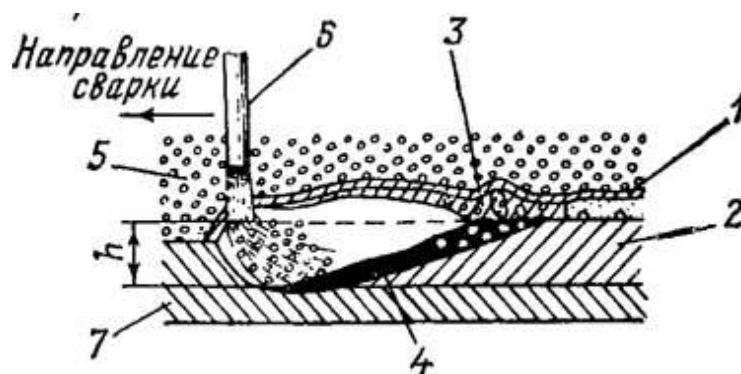
При выборе параметров режима наплавки следует учитывать, что избыточная величина тока наплавки является причиной низкого качества наплавленного слоя. Поэтому производительность ручной наплавки ограничена. Ещё одним недостатком ручной дуговой наплавки является значительный потери электродного металла на угар и разбрызгивание.

При наплавке под флюсом в результате нагрева от горячей между изделием и проволокой сварочной дуги образуется ванна расплавленного металла, которая защищается слоем шлака (расплавленного флюса). Этот слой не только обеспечивает газовую защиту расплавленного и перегретого металла от воздействия воздуха, но и устраняет разбрызгивание, повышает эффективность нагрева металла от сварочной дуги.

Наплавка под флюсом обладает высокой производительностью и минимальным коэффициентом потерь электродного металла. Кроме того, поскольку горячая дуга закрыта слоем флюса, не требуется применения каких-либо мер по защите персонала от светового и теплового излучения дуги.

Применение наплавки под флюсом позволит существенно повысить производительность наплавочных работ. Также следует отметить высокое и стабильное качество наплавленного металла. При наплавке под флюсом улучшаются условия труда сварщика.

Повышение производительности наплавки под флюсом происходит благодаря непрерывности процесса и увеличению силы тока дуги. Однако следует учитывать, что повышение мощности дуги приводит также к увеличению глубины проплавления основного металла и доли основного металла в наплавленном слое. Поскольку в рассматриваемом случае выполняется наплавка износостойкими сплавами, это является крайне нежелательным.



1 — твердый шлак; 2 — затвердевший наплавленный металл; 3 — жидкий шлак;
4 — жидкий металл; 5 — флюс; 6 — электрод (проволока); 7 — основной металл (деталь)

Рисунок 6 – Сварка и наплавка под слоем флюса

Применение наплавки в защитных газах позволяет исключить трудности с подачей флюса и удавлением шлаковой корки. Этот способ считается самым технологичным и универсальным способом, который позволяет проводить наплавку большинства материалов в различных пространственных положениях.

Применяемый для защиты сварочной ванны и наплавляемого металла углекислый газ имеет относительно малую стоимость и широкую доступность. Обычно для такой наплавки применяется постоянный ток обратной полярности. При использовании в качестве защитного газа

углекислоты происходит окисление расплавленного металла, поэтому в наплавочную проволоку необходимо вводить раскислители (кремний и марганец).

Применение форсированных режимов при наплавке в углекислом газе ограничивается недостаточной эффективностью технологического управления процессом плавления и переноса электродного металла, который отличается низкой стабильностью. Также при наплавке в углекислом газе наблюдается интенсивное разбрызгивание, которое ухудшает условия труда сварщика, внешний вид и качество наплавленного слоя, увеличивает расход дорогостоящих наплавочных материалов.

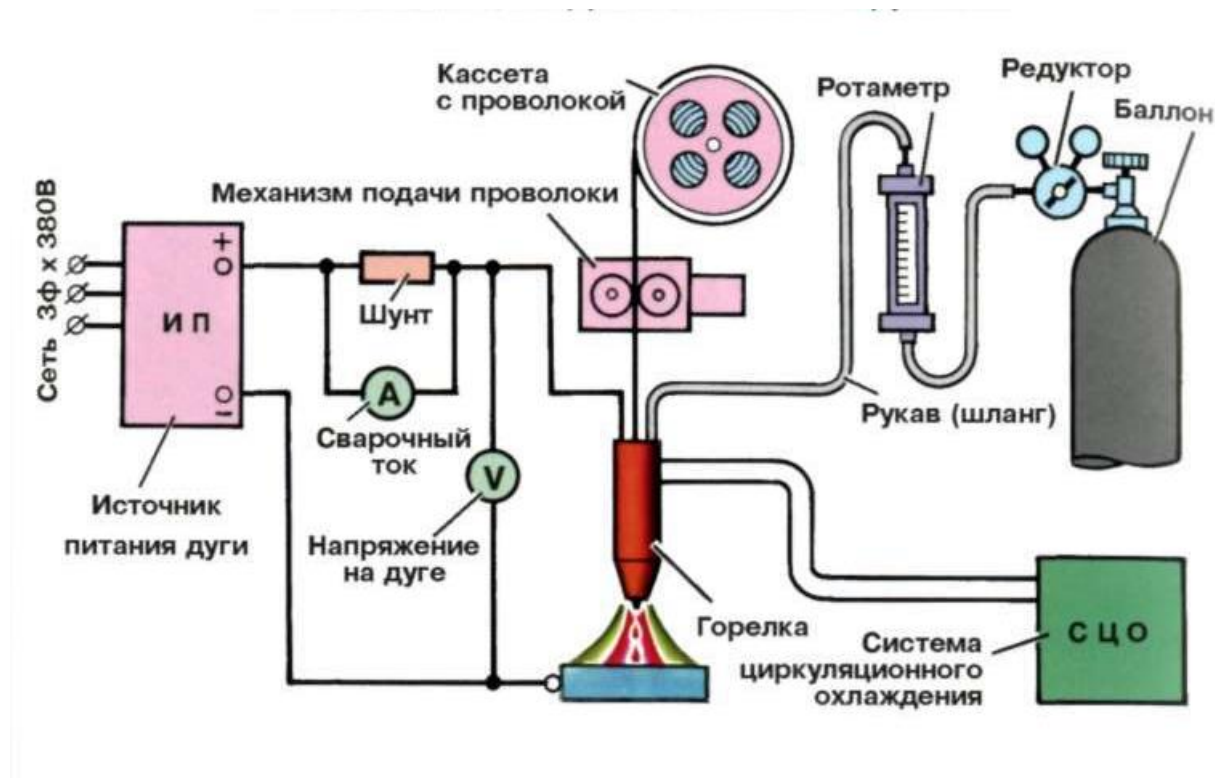


Рисунок 7 – Схема наплавки в защитных газах

При наплавке порошковой самозащитной проволокой в качестве расходного материала применяется проволока с внутренней защитой. В сердечник этой проволоки введены не только легирующие элементы, но и вещества, образующие при нагреве шлак и газ. Поэтому при наплавке самозащитной проволокой не требуется применения защитного газа или флюса. В процессе наплавки из шихты порошковой проволоки легирующие

элементы переходят в наплавленный слой, а газообразующие и шлакообразующие вещества обеспечивают защиту наплавляемого металла от воздействия воздуха. При остывании после наплавки порошковой самозащитной проволокой на поверхности наплавленного валика образуется тонкий слой шлака. Его можно не удалять и выполнять наплавку последующих валиков и слоев.

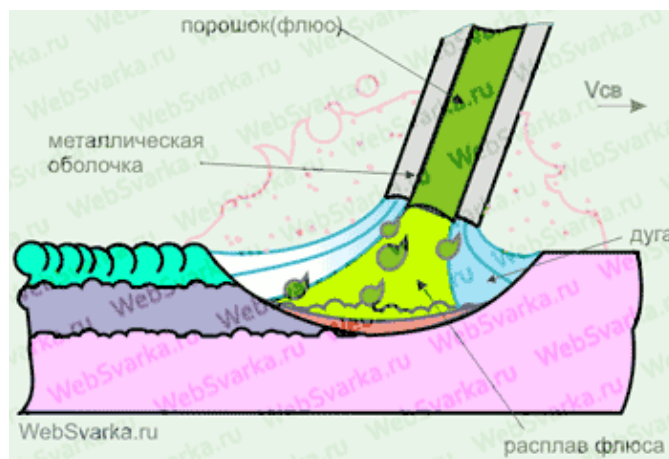


Рисунок 8 – Схема наплавки порошковой проволокой

Недостатками наплавки самозащитной порошковой проволокой являются: во-первых, высокая текучесть шлака, в результате чего высока вероятность получения шлаковых включений в наплавленном слое; во-вторых, высокая стоимость порошковой проволоки; в-третьих, сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений; в-четвёртых, необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости; в-пятых, неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

При плазменной наплавке нагрев основного металла и присадочного металла обеспечивается теплотой сжатой дуги. В качестве наплавочного материала при плазменной наплавке могут быть использованы проволока, прутки или порошок. При вдувании наплавочного порошка в дугу косвенная дуга возбуждается между вольфрамовым электродом и внутренним соплом плазматрона. При прохождении через эту дугу плазмообразующий газ

создаёт плазменную струю. Эта плазменная струя расплавляет поступающий в неё наплавочный порошок.

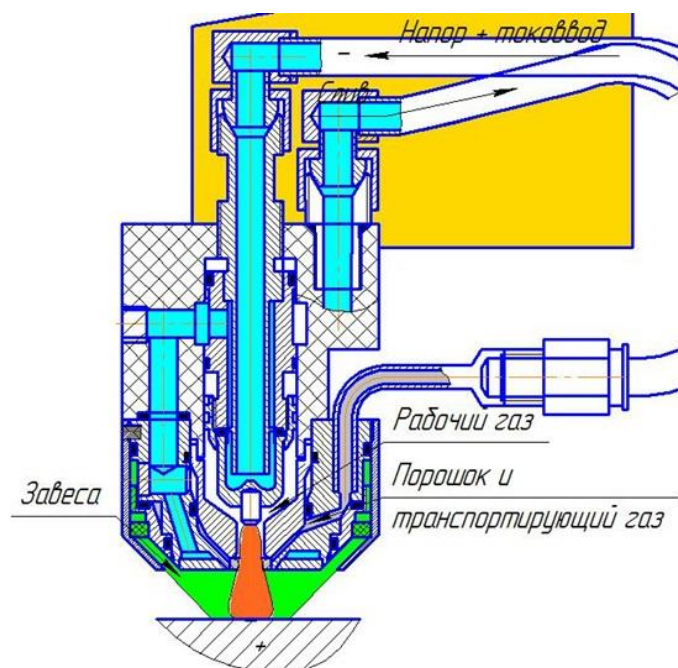


Рисунок 9 – Схема плазменной наплавки

Между электродом и основным металлом горит дуга прямого действия. Эта дуга нагревает наплавляемую поверхность детали. За счёт регулирования тока дуги прямого действия обеспечивается минимальная глубина проплавления основного металла. Толщина наплавляемого слоя при плазменной наплавке может составлять 0,3...10 мм.

В качестве защитного, транспортирующего и плазмообразующего газа при плазменной наплавке используются: аргон, азот, смеси аргона с гелием и углекислый газ.

При выборе способа восстановительной наплавки следует руководствоваться как технологическими особенностями каждого рассматриваемого способа, так и возможность обеспечения наплавочными материалами. В настоящее время в Российской Федерации продолжается уменьшение объёмов выпуска сварочных и наплавочных материалов [7], [17]. Например, выпуск порошковой проволоки снизился по отношению к 2000 году в пять и раз и в настоящее время составляет всего 3 % от объёма

выпускаемых материалов. Главной причиной сокращения производства является деградация материальной базы и отсутствие качественного сырья. В основном потребности в материалах покрываются за счёт импорта.

Это добавляет очков в пользу выбора механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Изготовление отечественной проволоки для сварки в защитном газе пока не встречает трудностей.

2.2 Приспособление для наплавки

Для выполнения восстановительной наплавки вала предложено приспособление, представленное на рисунке 10, которое включает в себя следующие элементы: плиту 1, узел линейного перемещения 2, бегунок 3, сварочная головка 4, стойка 5, консоль 6, кассету 7, следящие электродвигатели 8.

Настройка стойки позволяет изменять положение сварочной головки 4. «При этом возможно позиционирование сварочной головки относительно наплавляемых граней вала и автоматическое перемещение сварочной головки по образующей вала при наплавке. Сварочную головку 4 закрепляют относительно стойки 5, модуль линейного перемещения 2 и бегунок 3 обеспечивают перемещение головки 4 относительно наплавляемого изделия. Консоль 6 служит для крепления кассеты проволоки 7. При помощи следящих электродвигателей 8 обеспечивается ориентация сварочной головки относительно изделия» [12].

Поперечные колебания сварочной горелки обеспечиваются приводом линейных перемещений, который выполнен на основе шариковинтовой передачи, как показано на рисунке 11.

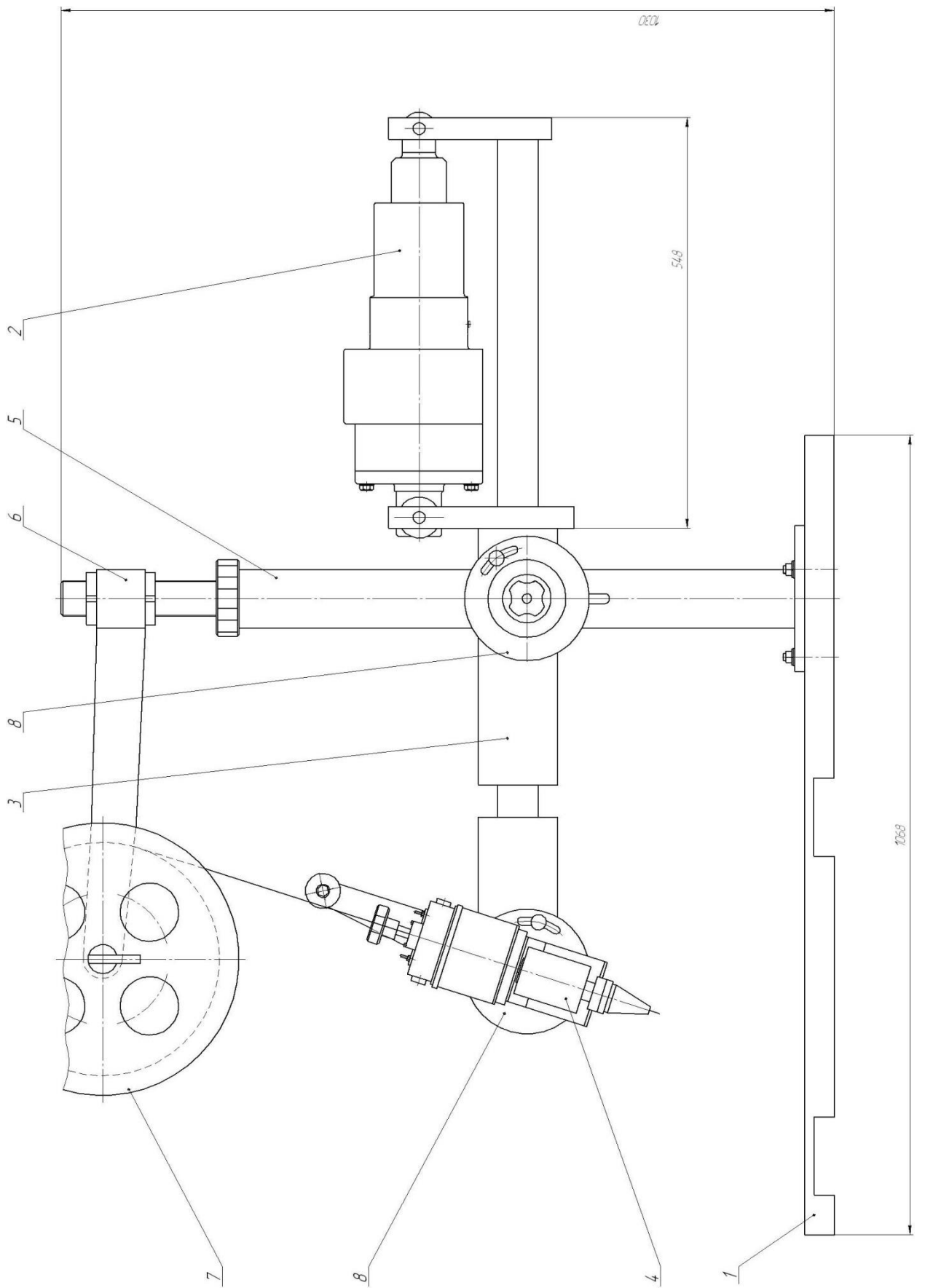


Рисунок 10 – Стойка для наплавки в сборе

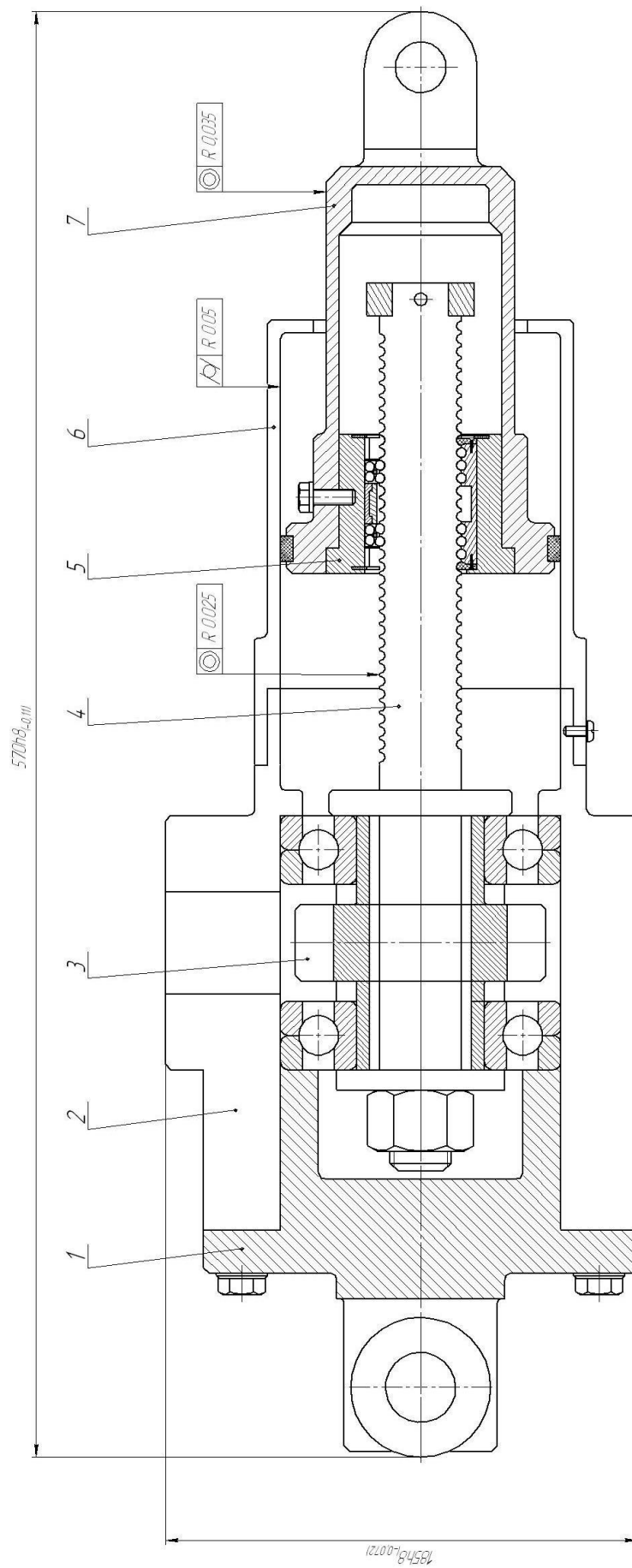


Рисунок 11 – Привод линейного перемещения сварочной головки

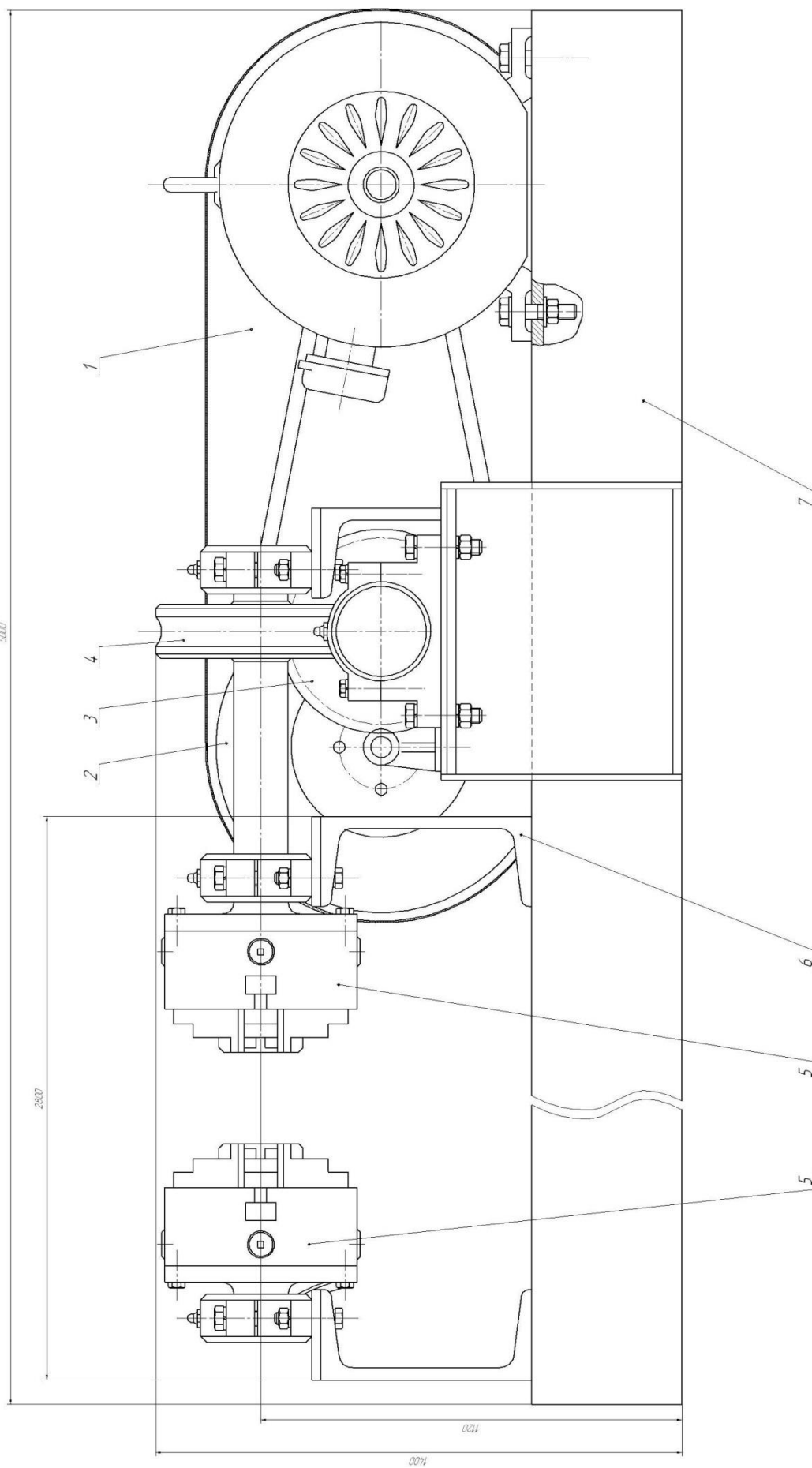


Рисунок 12 – Кантующее приспособление

Кантующее приспособление, представленное на рисунке 12, позволяет «выполнять фиксацию вала в зажимном патроне и вращать вал для смены наплавляемой грани, Приспособление состоит из: электродвигателя 1, клиноремённого вариатора 2, цилиндрической 3 и червячной 4 передачи, шпинделей 5, каретки в сборе 6, основания 7. Приспособление перемещает вал в процессе наплавки и позволяет равномерно регулировать скорость линейного перемещения горелки относительно наплавляемого изделия. Для управления скоростью перемещения горелки относительно изделия используется клиноремённый вариатор, который обеспечивает плавное изменение частоты вращения. На каретке приспособления закреплены два зажимных патрона, сама каретка поступательно перемещается относительно жёстко устанавливаемой станины» [12].

2.3 Повышение эффективности наплавки

Характер переноса плавящегося электродного металла при наплавке деталей машин в значительной мере определяет технологические особенности процесса наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения. В процессе горения дуги на торце электродной проволоки формируются капли расплавленного электродного металла. Размер этих капель и частота их перехода в сварочную ванну определяются множеством факторов, как показано на рисунке 13. В числе этих факторов следует отметить: материал и диаметр применяемой для сварки электродной проволоки, полярность и величина сварочного тока, тип защитного газа, напряжение на дуге.

Особенностями импульсной дуги являются:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;

- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;

- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

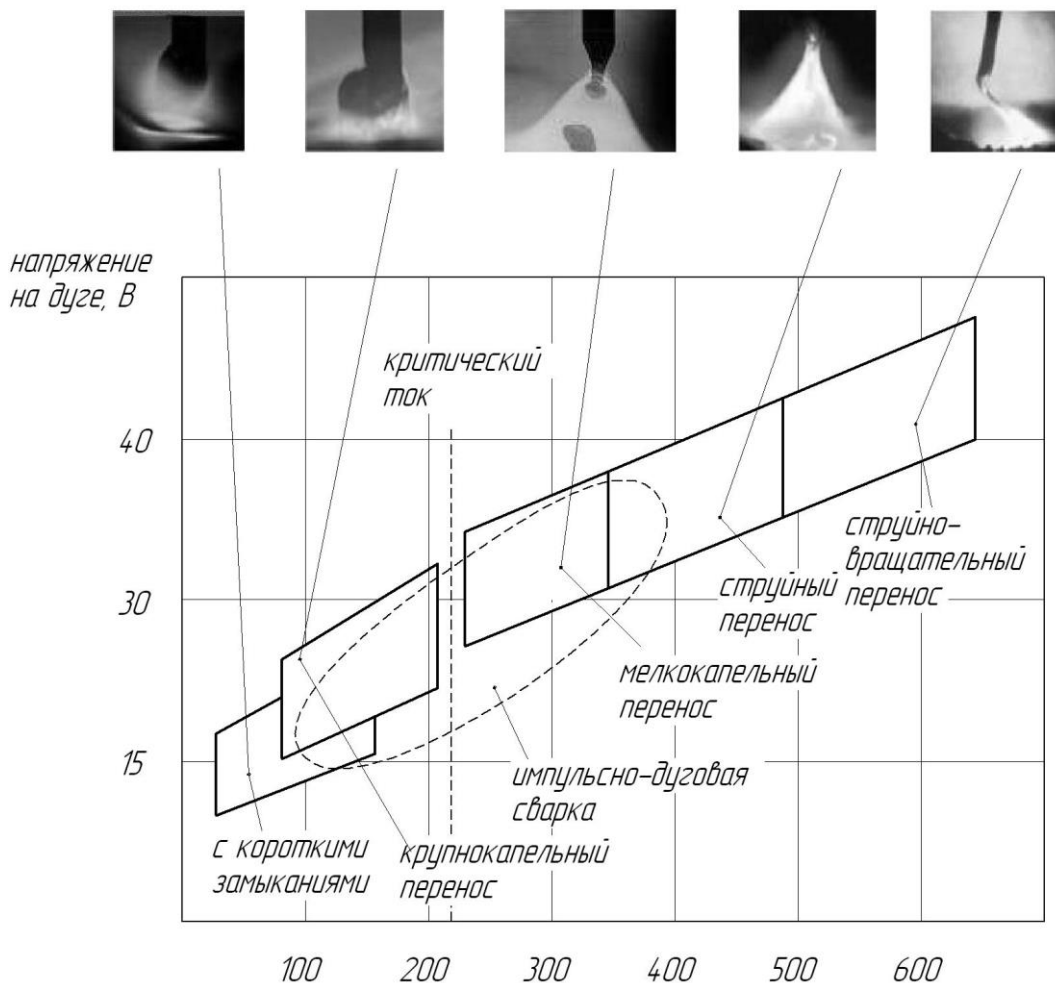


Рисунок 13 – Типы дуги при MIG/MAG сварке и наплавке

Для наплавки применяем источник с импульсным управлением Invertec STT II, представленный на рисунке 14. Горение дуги с импульсным управлением позволяет [13], [22], [23], [24]:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- регулировать проплавливающую способность дуги;
- уменьшить зону термического влияния;

- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.



Рисунок 14 – Сварочный источник Invertec STT II

Добавка Ar в защитную смесь «позволяет повысить стабильность горения дуги, улучшить формирование шва (несколько снижается высота усиления, уменьшается бугристость), снизить содержание водорода в металле шва, что способствует повышению стойкости металла шва против образования пор. Наиболее плавный переход от шва к основному металлу наблюдается при содержании аргона в смеси 5...10%. При сварке с использованием смеси $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$ повышается жидкотекучесть металла, что снижает привариваемость капель металла к поверхности изделия» [13], [14]. Поэтому в качестве защитной среды целесообразнее использовать смесь $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$.

Значение $I_{\text{св}}$ силы сварочного тока «должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 130 = 65 \text{ А}, \quad (1)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 0,8 мм;

a – плотность тока, при которой обеспечивается минимальное проплавление основного металла, принимается из диапазона 110...130 А/мм².

Назначение коэффициента расплавления электродной проволоки производим с использованием формулы:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_3} = 3,0 + 0,08 \frac{65}{0,8} = 9,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч.} \quad (2)$$

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 9,5 \cdot 65}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 7,8} = 157 \text{ м/ч} \quad (3)$$

где $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

α_p – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma=7,8 \text{ г/см}^3$;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм» [13], который ранее был принят как $d_{эл}=0,8 \text{ мм}$.

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки валов прошивного стана.

Ранее были сформулированы задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- обосновать выбор способа наплавки рассматриваемого изделия;
- составить проектную технологию восстановительной наплавки.

При анализе возможных способов восстановительной наплавки, которые могут быть использованы при восстановлении валов прошивного стана, были рассмотрены: ручная электродуговая наплавка, наплавка под флюсом, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах, плазменная наплавка.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой наплавки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную наплавку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения работ по восстановлению деталей машин типа валов.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, приведённых в таблице 2. Первая операция - подготовка дефектного участка, выполняется с применением машины угловой шлифовальной, станка фрезерного, щетки металлической. Вторая операция – проведение предварительного подогрева, выполняется с применением газового подогревателя. Третья операция – наплавка дефектного места, выполняется с применением источника питания дуги и установки для наплавки. Четвёртая операция – термическая обработка, выполняется с использованием ящика для песка. Пятая операция – контроль качества, выполняется с применением дефектоскопа и набора визуально-измерительного контроля.

Таблица 2 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1. Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	- машина угловая шлифовальная, - станок фрезерный, - щетка металлическая	- моющий раствор, - вода техническая, - ацетон, - дробь стальная
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	- газовая горелка	- газ пропан
3. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	- источник питания сварочной дуги, - установка для наплавки	- наплавочная проволока, - защитный газ
4. Термическая обработка	Слесарь-сборщик	- ящик для песка, - песок	-
6. Контроль качества	Дефектоскопист	- лупа, - дефектоскоп, - штангенциркуль, - твердомер	- масло

На основании анализа данных таблицы 2 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для того чтобы правильно выполнить идентификацию профессиональных рисков, необходимо провести поиск опасных и вредных производственных факторов, которые могут повлиять на нормальное протекание технологического процесса. Эти факторы возникают при эксплуатации технологического оборудования и реализации операций технологического процесса, они сведены в таблицу 3.

Возникновение травм и профессиональных заболеваний работников происходит по причине воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 3 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень выполняемых работ при осуществлении технологического процесса	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - машина угловая шлифовальная, - станок фрезерный, - щетка металлическая
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	<ul style="list-style-type: none"> - газовая горелка
3. Наплавка на дефектное место	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания сварочной дуги, - установка для наплавки
4. Термическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	<ul style="list-style-type: none"> - ящик для песка, - песок
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - дефектоскоп, - штангенциркуль, - твердомер

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,

- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное «излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья» [2].

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

На основании анализа профессиональных рисков, приведенных в таблице 3, можно для каждого опасного и вредного производственного фактора предложить стандартные мероприятия, устраняющие этот фактор или уменьшающие его воздействие до приемлемого уровня.

Предлагаемые средства и методики, призванные обеспечить защиту производственного персонала от влияния опасных и вредных производственных факторов сведены в таблицу 4.

На основании анализа данных в таблице 4 можно сделать вывод, что обеспечение безопасности труда будет достигнуто при применении набора стандартных методик и мероприятий.

Таким образом, для устранения влияния опасных и вредных производственных факторов применяются стандартные методики и мероприятия. Разработки специальных средств защиты не требуется.

Таблица 4 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

Таким образом, реализация в производстве проектной технологии, операции которой подробно описаны в настоящей выпускной квалификационной работе, сопровождается опасными и вредными производственными факторами. Источниками этих опасных и вредных производственных факторов является применяемое технологическое оборудование и другие объекты производства. Эти источники были приведены и проанализированы выше при идентификации опасных и вредных производственных факторов.

На основании анализа профессиональных рисков, возникающих при воздействии описанных производственных факторов предложены стандартные мероприятия и средства защиты, которые позволяют полностью устранить влияние опасного фактора. Приведённые мероприятия и меры защиты позволили также снизить влияние вредных производственных факторов до приемлемого уровня.

Предложенные меры позволили исключить травматизм при реализации проектного технологического процесса и защитить работника от получения профессиональных заболеваний.

Однако осуществление проектной технологии предусматривает не только возникновение опасных и вредных факторов, влияющих на участников производственного процесса. Негативному воздействию подвергается окружающая среда. Таким образом, технологический процесс может представлять угрозу за счёт возникновения неблагоприятных экологических факторов (загрязнение воздуха, гидросферы и литосферы).

Кроме того, нормальное протекание технологического процесса может нарушаться при возникновении пожара, который становится ещё одним фактором отрицательного влияния на окружающую среду и участников производства (работающий персонал, производственные здания и оборудование).

Изучению вопроса экологической и пожарной безопасности посвящена вторая половина настоящего раздела выпускной квалификационной работы.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 5, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 6.

Таблица 5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка	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)» [2]	«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» [2].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [2].

Таблица 6 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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» [2]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 7 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной наплавки деталей машин	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [2].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [2].

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 7.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 8 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная наплавка деталей машин	Подготовка дефектного участка, проведение предварительного подогрева, наплавка на дефектное место, термическая обработка, контроль качества	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Пролитое масло при повреждениях в кантователе	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 9 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [2].

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 8 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 9.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии ремонтной наплавки деталей машин типа валов.

Изучение особенностей технологического процесса механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной наплавки деталей машин типа валов. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с импульсным управлением дугой.

Первой операцией технологического процесса является подготовка дефектного участка, выполняемая с применением машинки угловой шлифовальной, фрезерного станка, щетки металлической. Второй операцией технологического процесса является предварительный подогрев, выполняемой с применением газового подогревателя и устройств контроля температуры. Третьей операцией технологического процесса является наплавка дефектного участка, выполняемая с применением источника питания, полуавтомата, установки для наплавки согласно [12]. Четвёртой операцией технологического процесса является термическая обработка, заключающаяся в медленном охлаждении нагретой при сварке детали в ящике с песком. Пятой операцией технологического процесса является контроль качества, выполняемый с применением дефектоскопа и набора визуально-измерительного контроля. При выполнении базовой технологии восстановления вала применяется ручная дуговая наплавка штучными электродами. При выполнении проектной технологии восстановления применяется наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения наплавочных работ.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	200 тыс.	600 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	15	20
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, приведённых в таблице 10: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$

час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (4)$$

Расчёты, выполненные согласно (4) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (5)$$

Расчёты, выполненные согласно (5) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении

операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{п-з}. \quad (6)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (6), составит:

$$t_{шт.баз} = 1,65 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,83 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (5) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (6) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (7)$$

«Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (7) после подстановки численных значений» [6]:

$$П_{Г.баз.} = 2054/2 = 1027 \text{ ремонтных наплавов за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/1 = 2054 \text{ ремонтных наплавов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г} = 800$ ремонтных наплавов в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_{Г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (8)$$

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (8), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{2 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,76, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{1 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,38.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (8) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (9)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,76/1 = 0,76; K_{3п} = 0,38/1 = 0,38.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой наплавки предусматривает расходование наплавочных материалов. При ручной дуговой наплавке расходным материалом будут сварочные штучные электроды. При наплавке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и наплавочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{тз}, \quad (10)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (10) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

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

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

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (11)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (11) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 752 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 1 \cdot 200 \cdot 1,88 = 376 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (12)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (12) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 752 \cdot 12 / 100 = 90 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 376 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 752 + 90 = 842 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 376 + 45 = 421 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (13)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (13) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн баз.}} = 842 \cdot 34 / 100 = 286 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 421 \cdot 34 / 100 = 143 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{ээ}}$ на электрическую энергию:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{ээ}}. \quad (14)$$

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (15)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (15) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 2 / 2054 / 100 = 42 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 600000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 2054 / 100 = 63 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{ээ}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{ээ}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}} / \text{КПД}. \quad (16)$$

Рассчитанные после подстановки в (16) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{ээ баз}} = 2 \cdot 15 \cdot 3,2 / 0,7 = 129 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 1 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 71 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (14) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 42 + 129 = 171 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 63 + 71 = 134 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (17)$$

Рассчитанная после подстановки в (17) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 130 + 842 + 286 + 171 = 1429 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 158 + 421 + 143 + 134 = 856 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (18)$$

Рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1429 + 1,5 \cdot 752 = 1429 + 1128 = 2557 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 856 + 1,5 \cdot 376 = 856 + 564 = 1420 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (19)$$

Рассчитанная после подстановки в (19) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 2557 + 1,15 \cdot 752 = 2557 + 865 = 3422 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 1420 + 1,15 \cdot 376 = 1420 + 432 = 1852 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 11. «Данная таблица позволяет оценить затраты на реализацию базовой и проектной технологий.

Таблица 11 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости восстановительной наплавки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	М	130	158
2. Фонд заработной платы	ФЗП	842	421
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	286	143
4. Затраты на оборудование	Зоб	171	134
5. Технологическая себестоимость	Стех	1429	856
6. Цеховые расходы	Рцех	1128	564
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2557	1420
8. Заводские расходы	Рзав	865	432
9. Заводская себестоимость	С _{ЗАВ}	3422	1852

Предварительная оценка данных в таблиц позволяет судить об экономической эффективности проектной технологии» [6].

Таким образом, на основании данных таблицы 11 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость технологии восстановительной наплавки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (9):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (20)$$

Остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (21)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (21) соответствующих значений, составляет:

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

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,76 = 53960 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (22)$$

Капитальные вложения $K_{\text{об. пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{зп}}$ по проектному варианту:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (23)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (23) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об.пр.}} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,38 = 239400 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп.}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (24)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $Ц_{\text{б}}$ и $Ц_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (25)$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (26)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (24), (25) и (26) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (21) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр.}} = 239400 + 40000 = 279400 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ.пр.}}$ и $K_{\text{общ.б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр.}} - K_{\text{общ.б.}}: \quad (27)$$

$$K_{\text{доп}} = 279400 - 53960 = 225440 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{уд}$ рассчитываем с учётом годовой программы Π_T :

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{\Pi_T}, \quad (28)$$

После подстановки в (28) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 53960/800 = 67 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 279400/800 = 349 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПр}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (29)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (29) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{2-1}{2} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (30)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (30) составило:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (31)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (31) составило:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1429 - 856) \cdot 100\% / 1429 = 40 \%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot \quad (32)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (32) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (3422 - 1852) \cdot 800 = 1256000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \cdot \quad (33)$$

Срок окупаемости после подстановки в (33) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = 225440 / 1256000 = 0,18 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (34)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (34) соответствующих значений составил:

$$\text{Эг} = 1256000 - 0,33 \cdot 225440 = 1181600 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии восстановительной наплавки валов применяется ручная дуговая наплавка штучными электродами. Недостатки применения ручной дуговой наплавки штучными электродами: малая производительность выполнения работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества наплавки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование наплавки в защитном газе проволокой сплошного сечения и импульсным управлением сварочной дугой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 40 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,256 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,182 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,18 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки валов прошивного стана.

При выполнении базовой технологии ремонтной наплавки применяется ручная дуговая наплавка. Недостатки применения ручной дуговой наплавки штучными электродами: малая производительность выполнения восстановительных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества наплавленного слоя, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой наплавки штучными электродами на наплавку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: Подготовка дефектного участка, проведение предварительного подогрева, наплавка на дефектное место, термическая обработка, контроль качества.

Изучение особенностей технологического процесса восстановительной наплавки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,182 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,18 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Полученные результаты предлагается внедрить при ремонтной наплавке деталей машин.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Власов В. М., Нечаев Л. М., Фомичева Н. Б. Влияние дефектов, возникающих в процессе наплавки, на механические характеристики металла // *Соврем. наукоемкие технологии*. 2004. № 1. С. 9–11.
2. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
3. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти : ТГУ, 2012. 135 с.
4. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : учебное пособие. Тольятти : изд-во ТГУ, 2014. 176 с.
5. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
6. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
7. Мазур А. А., Маковецкая О. К., Пустовойт С. В. Порошковые проволоки на мировом и региональном рынках сварочных материалов // *Автоматическая сварка*. 2015. № 5–6. С. 68–74.
8. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные наплавочные материалы, обеспечивающие получение наплавочного металла с мартенситными превращениями : тезисы докладов научного семинара «Современные достижения в области сварки, наплавки и родственных технологий». Мариуполь, 2000. С. 86–90.
9. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные стали и чугуны с мартенситными превращениями и наплавочные материалы на их основе // *Захист металургійних машин від поломок* : зб. наук. праць. Вип. 5. Мариуполь, 2000. С. 238–244.

10. Машиностроение. Технология сварки, пайки и резки. Том 3 / Под ред. Б. Е. Патона. М.: Машиностроение, 2006. 768 с.
11. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и д.р.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Том 3 / В.В. Клюев [и д.р.]; под общ. ред. В.В. Ключева. 1996, 464 с.
12. Патент № 2209130 РФ, МКИ В23К9/00. Устройство для наплавки изношенных деталей / Ивочкин И. М., Ливанов Н. И., Потапов А. М. заяв. 17.07.2002; опубл. 27.07.2003.
13. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К.: ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.
14. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
15. Рябцев И. А. Наплавка деталей машин и механизмов. Киев : ЭкоТехнолопя, 2004. 160 с.
16. Сварка. Резка. Контроль : справочник в 2-х томах / под ред. Алешина Н. П., Чернышева Г. Г. М.: Машиностроение, 2004.
17. Сидлин З. А. Состояние производства сварочных материалов в России // Автоматическая сварка. 2009. № 2. С. 31–34.
18. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.
19. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
20. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974. 768 с.
21. Федько В. Т., Крюков А. В., Солодский С. А. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла //

Наука – Образование – производство : материалы научно технической конференции. Нижний Тагил, 2004. Том 2. С. 100–103.

22. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

23. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

24. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.