

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 Технология ремонта штамповой оснастки прессов для
изготовления кузовных деталей автомобиля

Обучающийся

А.А. Губенко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при выполнении ремонта штамповой оснастки.

Анализ базовой технологии, которая предусматривает применение ручной дуговой наплавки специализированными электродами, позволяет установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения ремонтных работ.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

Для повышения эффективности сварки предложено внедрить разработки отечественных исследователей.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 69 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 33 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,047 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту штамповой оснастки.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки штамповой оснастки.	8
1.1 Сведения об изделии и особенностях его эксплуатации.	8
1.2 Сведения о материале для изготовления штампов.	10
1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки штампов	12
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности процессов восстановления штамповой оснастки.	14
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	15
2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки штампа.	17
2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки.	17
2.2 Обоснование выбора наплавочного материала.	21
2.3 Выбор схемы наплавки.	23
2.4 Описание операций проектного технологического процесса наплавки.	24
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	28
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	28
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	29
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	31
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	33
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	35

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	36
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	36
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	38
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	39
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	41
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	45
4.6 Показатели экономической эффективности.	47
Заключение	49
Список используемой литературы и используемых источников.	51

Введение

В настоящее время приблизительно 20 % затрат прессового производства приходится на проведение работ по ремонту и обслуживанию штамповой оснастки. В процессе работы штампы подвергаются значительным цикловым нагрузкам, которые приводят к образованию, накоплению и развитию в них дефектов. К таким дефектам относятся нарушение геометрии штампа, риски и задиры, трещины и сколы, которые образуются в результате тепловых ударов, истирания и высоких удельных давлений [27].

Основы повышения экономической эффективности отечественного штампового производства лежат в плоскости снижения расходов на ремонт штамповой оснастки. При этом существенная роль отводится процессу сварки и наплавки, которые широко применяются при восстановлении работоспособности штампов [12], [15], [20], [30]. Наплавка может быть выполнена с применением износостойких композитных сплавов, что существенно повышает эксплуатационные характеристики штампов [18], [22].

В мире накоплен значительный опыт в области восстановительной наплавки штампов, при этом следует отметить существенный вклад, который внесли отечественные исследователи-сварщики (И.А. Кондратьев, В.А. Быстров, Е.Н. Сафонов, Г.В. Ксензык, Л.Н. Бармин, И.К. Походня, В.П. Демьячевич, В.Д. Орешкин) [8]. Также необходимо отметить зарубежных исследователей: Nickl A., Andrews D., Dilawary A., Bransali K., Friedman L., Bransali K., Evans C. [26].

Штампы для прессования применяются в различных технологических процессах: вытяжка, вырубка, гибка, выдавливание. Условия работы штамповой оснастки определяют характер её износа. При штамповке деталей кузова автомобиля в качестве основных дефектов следует указать выкрашивание, налипание материала штампуемой детали, растрескивание и

истирание. Самыми распространёнными видами дефектов штампов кузовных деталей являются истирание и выкрашивание.. При этом может нарушиться геометрия штампуемой детали и в последствии пострадать точность сборки.

Применение современных штамповых сталей позволяет повысить эксплуатационные характеристики штампов и существенно продлить их ресурс. Технологии наплавки штампов ещё более продляют ресурс работы штампов и дают большой экономический эффект по сравнению с изготовлением штампа целиком из перспективных сталей. Объясняется это тем, что применение новых сталей для изготовления штамповой оснастки потребует изменения всего технологического процесса изготовления, для чего необходимо будет затратить существенные финансовые и материальные ресурсы. Восстановление же штампа – технология менее трудоёмкая и может быть применена по отношению к штампу несколько раз. Таким образом, внедрение и совершенствование технологии восстановительной наплавки штампов является экономически оправданным.

При ремонте штампов может проводиться несколько видов работ: текущий ремонт, средний ремонт и капитальный ремонт. В зависимости от сложности и объёма работ по исправлению накопившихся дефектов определяется вид ремонта.

Мелкие дефекты устраняются в процессе проведения текущего ремонта, в ходе которого заменяют детали штампа и выполняют его частичную переточку. Текущий ремонт проводят непосредственно в цеху на специально отведённом для этого участке.

Средние дефекты устраняются в процессе проведения среднего ремонта, в ходе которого выполняют частичную замену элементов штампа. Средний ремонт проводят в ремонтном цехе.

Капитальный ремонт предусматривает полную разборку штампа, замену большей части его вспомогательных деталей, замену или ремонт матрицы и пуансона. При этом трудоёмкость капитального ремонта

приближается к 50...75 % трудоёмкости производства нового штампа [5], [16], [28].

Обеспечение конкурентоспособности отечественного производителя требует повышения экономических показателей производства, что предусматривает, в первую очередь, устранение простоев оборудования в результате поломок или отсутствия необходимых запасных частей. При выходе штампа из строя недопустимы временные затраты на ожидание приобретения и доставки нового штампа. Возникающий дефект следует исправлять немедленно [3], [25], [31], [32].

Выполнение восстановительной наплавки штампов сопровождается получением характерных дефектов наплавленного слоя, если используется ручная дуговая наплавка. К таким дефектам относят поры и шлаковые включения, а также зародыши трещин. При переменном температурном и силовом нагружении эти дефекты становятся концентраторами напряжений и приводят к развитию критических повреждений, что в результате существенно уменьшает длительность эксплуатации штампа [1], [7], [10], [23], [24]. По этой причине необходим поиск и внедрение перспективных методов восстановления штамповой оснастки.

На основании вышеизложенного следует сделать вывод об актуальности выбранной темы выпускной квалификационной работы. Краткий литературный обзор позволяет сформулировать цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов для изготовления деталей кузова автомобиля.

В качестве объекта исследования в работе выступает технология наплавки штамповой оснастки. В качестве предмета исследования выступают способы и режимы наплавки, а также присадочные материалы, которые будут применены при построении проектной технологии.

1 Современное состояние ремонтной сварки штамповой оснастки

1.1 Сведения об изделии и особенностях его эксплуатации

На рисунке 1 представлены прессы для выполнения операции штамповки деталей кузова автомобиля. Благодаря последовательному расположению прессов удаётся получить пооперационную линию. Принцип работы прессы основан на применении схемы «двойного действия». В процессе опускания ползуна выполняется поджатие металлической заготовки. Далее происходит штамповка детали из листовой заготовки. При помощи транспортёра происходит перемещение деталей по технологической линии от одной операции к другой. Оператор наладчик, который обслуживает одновременно несколько прессов, выполняет контроль правильности работы прессы и переналадку на новые режимы.

На рисунке 2 представлена типовая деталь кузова автомобиля, выполняемая из листовых заготовок – передний подрамник. Назначение этой детали – обеспечение защиты двигателя от силового и ударного воздействия снизу кузова. Подрамник повышает устойчивость и жёсткость кузова, выполняя роль рамного элемента. Эксплуатация изделия происходит при температурах от -40 до $+40$ °С. При аварии подрамник обеспечивает безопасность водителя и пассажиров.



Рисунок 1 – Прессовое производство для изготовления деталей кузова автомобиля



Рисунок 2 – Передний подрамник

При работе штампового инструмента он подвергается действию значительных изгибающих, ударных, скручивающих, истирающих, тепловых и и других воздействий. Высокая производительность при использовании штамповой оснастки приводит к её нагреву в ходе работы. Температура нагрева при ручной подаче составляет 100 °С, температура нагрева штампа при автоматической подаче достигает 300 °С. Высокие температуры нагрева штампа ускоряют процессы его износа. Также на скорость износа штампа существенно влияет его состояние. Так, при износе рабочей поверхности действующие на штамп нагрузки увеличиваются на 15...20 %, что приводит к его ускоренному разрушению [19].

Так как легированные стали, применяемые для изготовления штампов, обладают малой теплопроводностью, в ходе эксплуатации штампа на его рабочей поверхности возникает существенный градиент температуры, который становится причиной образования значительных растягивающих напряжений и образования микротрещин.

На рисунке 3 представлены дефекты детали кузова автомобиля в результате износа прессового штампа.



Рисунок 3 – Дефекты детали кузова автомобиля в результате износа прессового штампа

Разрушение штампа происходит в значительной мере по его рабочей поверхности, изменяется форма и размеры штампа, происходит потеря его массы, контактные поверхности выкрашиваются, сминаются, разупрочняются.

Повышение производительности и качества восстановления штампов существенно снижает расходы производства от простоев оборудования, потери рабочего времени и повышает эффективность производства.

1.2 Сведения о материале для изготовления штампов

К материалы для изготовления штампов предъявляются требования по высокой твёрдости, износостойкости, теплостойкости и вязкости.

Эта совокупность свойств обеспечивается соответствующим химическим составом штамповых сталей, который представлен в таблице 1.

Следует отметить широкое применение стали X12M для изготовления штамповой оснастки различного назначения. Сталь X12M является инструментальной штамповой сталью, которая обладает глубокой прокаливаемостью. Благодаря высокому содержанию в стали карбидов обеспечивается высокая износостойкость стали X12M, которая по механическим свойствам приближается к быстрорежущим сталям.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в штамповых сталях

Марка стали	углерод	марганец	кремний	хром	Прочие элементы
«45Л	0,42...0,50	0,50...0,80	0,20...0,42	0,30	никель – 0,30 сера – 0,06
У8А	0,75...0,84	0,15...0,30	0,15...0,30	0,15	сера – 0,03 фосфор – 0,0035
У10А	0,95...1,04	-	-	-	сера – 0,03 фосфор – 0,0035
40Х	0,36...0,44	0,15...0,80	-	0,80...1,0	сера – 0,005 фосфор – 0,005
Х12М	1,45...1,70	0,35	0,40	11,50...12,50	молибден – 0,4...0,6 ванадий – 0,15
9ХС	0,85...0,95	0,30...0,60	1,20...1,60	0,95...1,25	-
3Х2В8Ф	0,30...0,40	0,15...0,40	0,15...0,40	2,20...2,70	ванадий – 0,2...0,5
6ХВГ	0,55...0,70	0,90...1,20	0,15...0,35	0,5...0,8	вольфрам – 0,5...0,8 молибден – 0,3
Р6М5	0,85...0,95	-	-	3,00...3,60	молибден – 3,6...5,0
40Х5МФ	0,35...0,45	0,50...0,80	0,17...0,37	4,50...5,50	молибден – 1,2...1,6 ванадий – 0,4...0,6» [8]

Сталь Х12М относится к плохо свариваемым сталям и при изготовлении сварных конструкций не применяется. Но слои металла составом, аналогичным Х12М, могут быть получены на поверхности деталей в результате наплавки.

Из-за высокого содержания углерода в стали Х12М наплавленный металл имеет высокую склонность к образованию холодных и горячих трещин. Предварительный подогрев штампа перед наплавкой до температуры 400...500 °С позволяет существенно уменьшить опасность получения холодных трещин. Но следует иметь ввиду, что на предварительный подогрев не позволяет бороться с горячими трещинами.

Горячие трещины возникают по причине образования при сварке и наплавке карбидных эвтектик, температура плавления которых ниже, чем температура плавления других структур стали.

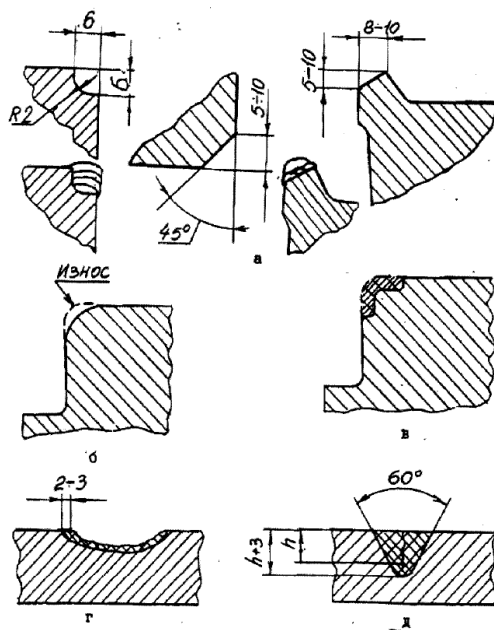
После наплавки слой металла с составом Х12М имеет относительно невысокую твёрдость порядка 40...44 НРС, что объясняется значительным содержанием остаточного аустенита в наплавленном металле. Для

повышения твёрдости до 55..60 HRC применяют высокий отпуск с нагревом до температур 500...550 °С. Для снижения твёрдости наплавленного слоя до 25...29 HRC, что необходимо для проведения механической обработки, применяют отжиг после наплавки. Температура нагрева при отжиге котором составляет 870...900 °С, выдержка составляет 1...2 часа.

1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки штампов

Перед выполнением восстановления штампов их складывают на участке. При помощи ветоши очищают поверхность штампа от масла и грязи. Промыву штампа выполняют на установке для мойки. После того, как дефектное место было очищено от масла и загрязнений, выполняют разделку дефектного места, удаляя механическим способом дефектный металл до «здорового» металла. На рисунке 4 представлены примеры разделок.

В таблице 2 приведены марки электродов и область их применения при ремонтной сварке и наплавке штампов.



а – режущие кромки; б и в – большой износ при криволинейной поверхности;
г – выбоины; д – трещины

Рисунок 4 – Разделка поверхности штампа под сварку и наплавку

Таблица 2 – Электроды для ремонтной сварки и наплавки прессовых штампов

«Марка электрода	Тип электрода	Свойства наплавленного металла		
		Обрабатываемость режущим инструментом	Вид термообработки после наплавки	Твёрдость HRC после термообработки
ОЗШ-1	Э-16Г2ХМ	Без отжига	Отпуск 400...500 °С	37...41
ОЗШ-3» [21], [23]	Э-37Х9С2	После отжига при 700 °С	1. Отпуск 450 °С 2. Закалка 1000 °С и отпуск 450 °С	54...59

Выбор диаметра электрода производят с учётом удобства выполнения наплавки и необходимой толщины наплавленного слоя. В случае выполнения заварки трещины принимают диаметр электрода, который должен быть не больше ширины в основании разделки. Наплавку ведут в один или несколько слоёв. Перекрытие валиков должно быть не менее чем на 1/3. Необходимо очищать от шлака каждый валик перед выполнением следующего валика. Для повышения плотности металла наплавленных валиков и снижения уровня остаточных напряжений после сварки каждого валика выполняют его проковку молотком массой 0,5 кг.

Сварку и наплавку ведут в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности. Выбор силы тока зависит от диаметра электрода и его марки.

Наплавку ведут на короткой дуге, что позволяет уменьшить выгорание элементов.

После наплавки обеспечивают медленное охлаждение штампа, для чего применяют охлаждение в ящике с чугунной стружкой или охлаждение в печи.

При толщине наплавленного слоя более 10 мм ведут комбинированную наплавку. Первый слой выполняют электродами ОЗШ-1, последующие слои выполняют электродами ОЗШ-3. В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВД-306.

1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности процессов восстановления штамповой оснастки

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки штамповой оснастки. Выполнен поиск источников научно-технической информации по тематике восстановительной наплавки элементов штамповой оснастки.

Было взято пять работ, для которых был выполнен анализ структуры и содержания.

Авторами первой работы [27] являются Е. А. Соломка, А. И. Лобанов (ПАО «Энергомашспецсталь», Украина) и Л. Н. Орлов (ООО «ТМ ВЕЛТЕК», Украина). В работе показана эффективность применения штучных электродов и порошковой проволоки для восстановительной наплавки кузнечно-прессового оборудования. При этом может быть увеличен межремонтный цикл работы штамповой оснастки.

Авторами второй работы [15] являются Н. А. Макаренко, А. А. Богуцкий и Н. А. Грановская – сотрудники Донбасской государственной машиностроительной академии. В работе показана высокая эффективность плазменной наплавки разнополярным током при восстановлении элементов штамповой оснастки. В качестве наплавочного материала использован порошок из быстрорежущей стали 100Х4М5Ф2.

В третьей работе [8] проведены исследования зависимости структурного состояния наплавленного металла от исходной структуры и состава присадочного порошка ПГ-10Р6М5 при выполнении плазменно-порошковой наплавки. Показана высокая эффективность предлагаемой технологии при восстановительной наплавке. Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления элементов штамповой оснастки и построении проектной технологии наплавки.

Четвёртая работа [26] – диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, выполненная Г. Н. Соколовым на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» Волгоградского государственного технического университета. В работе показана эффективность электрошлаковой наплавки порошковыми и композитными проволоками.

Пятая работа [1] – диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, выполненная Д. В. Бартеневым на кафедре сварки Курского государственного технического университета. В работе предложена порошковая проволока для ремонтной наплавки штампов, применение которой позволяет увеличить производительность наплавки на 20 % и повысить ресурс штампа в 2...3 раза.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе преследуется цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов для изготовления деталей кузова автомобиля.

Анализ базовой технологии, которая предусматривает применение ручной дуговой наплавки специализированными электродами, позволяет установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения ремонтных работ.

Первым недостатком является увеличенный расход электродного материала, который связан с образованием электродных огарков.

Вторым недостатком является очень тяжелые условия труда сварщика, которому приходится выполнять наплавку в условиях действия вредного излучения дуги и сварочного аэрозоля.

Третьим недостатком является низкая производительность процесса наплавки при использовании штучных электродов.

Четвертым недостатком является малая стойкость штампов после выполнения наплавки и значительное количество дефектов, возникающих при наплавке штучными электродами.

Таким образом, могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

Первой задачей является обоснование выбора способа для восстановления штампа. Это необходимо сделать на основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов. При экспертной оценке способов ремонтной наплавки необходимо основной упор делать на способы, позволяющие обеспечить механизацию выполнения операций.

Второй задачей следует признать необходимость построения проектной технологии, которая предусматривает составление перечня операций, выбор оптимальных параметров обработки и оборудования для выполнения каждой операции. Также следует сформулировать технологические требования по каждой операции.

Третьей задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда, следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [9].

Четвёртой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство, следует рассчитать себестоимость производства «при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений» [13], [14].

2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки штампа

2.1 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

Предварительный анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки штампов позволяет выделить следующие способы наплавки:

- ручная дуговая наплавка штучными электродами [27];
- механизированная наплавка проволокой сплошного сечения в защитных газах [4], [28];
- механизированная наплавка самозащитной порошковой проволокой [1];
- плазменная наплавка [7], [15];
- наплавка под флюсом [3].

Схема ручной дуговой наплавки представлена на рисунке 5. Применение этого способа наплавки при ремонте штампов вызывает ряд затруднений. Первым затруднением является снижение твердости наплавленного металла, которая может снижаться до 15...30 HRC. Второй трудностью является недостаточная вязкость наплавленного металла, которая становится причиной образования трещин и сколов при эксплуатации штампа. Третьей трудностью является необходимость предварительного подогрева штампа, который значительно снижает производительность и ухудшает условия труда сварщика.

При ручной дуговой наплавке зона термического влияния имеет большую по сравнению с другими способами наплавки ширину, что отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах наплавленного штампа. При уменьшении силы сварочного тока возможен недостаточный прогрев в глубину и образование значительных остаточных напряжений.

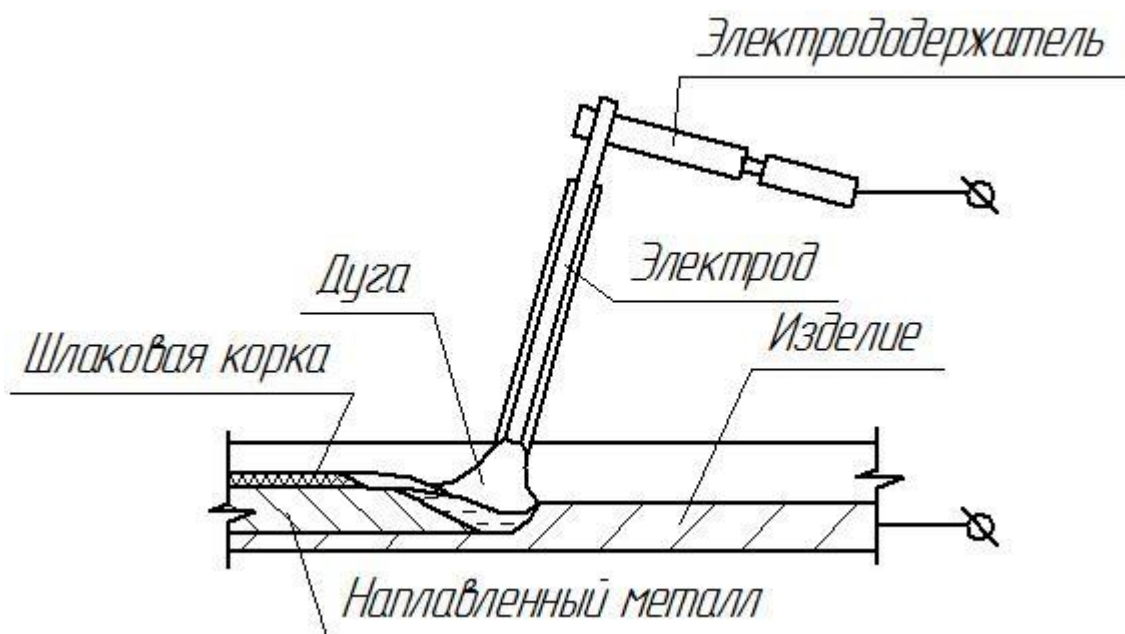


Рисунок 5 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

Поскольку штамп имеет развитую поверхность, при его наплавке скорость охлаждения неодинакова для различных участков штампа. При этом повышается уровень остаточных напряжений, а качественная наплавка требует высокой квалификации сварщика.

Схема механизированной наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах представлена на рисунке 6. Этот способ наплавки позволяет повысить производительность и улучшить условия труда сварщика по сравнению с ручной дуговой наплавкой.

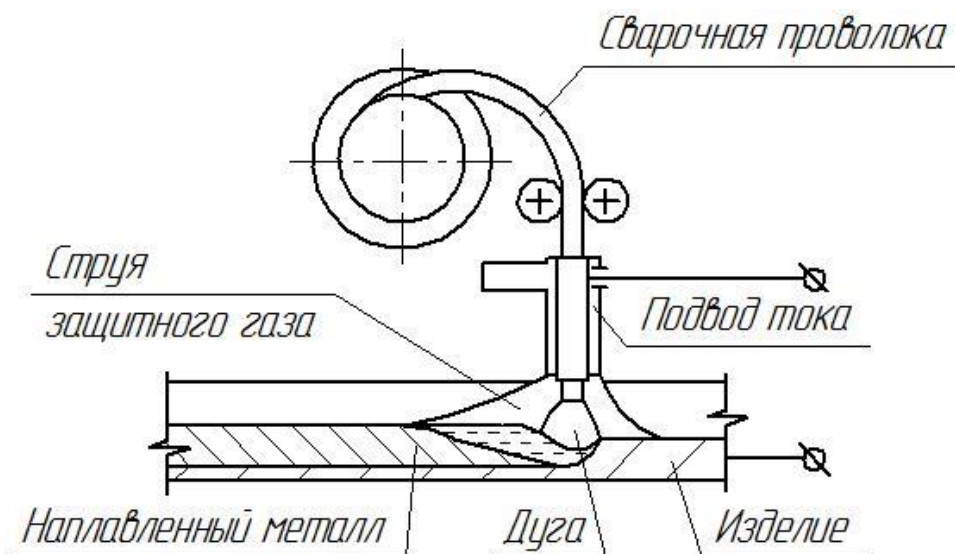


Рисунок 6 – Схема наплавки в защитных газах

Следует принимать во внимание, что наплавка штамповых сталей требует применения высоколегированной проволоки, производство которой может оказаться экономически неоправданным. Стоимость выполнения наплавки с применением проволок сплошного сечения оказывается выше, чем при других способах механизированной наплавки.

Схема наплавки порошковыми проволоками представлена на рисунке 7. Наплавка штампов с применением порошковой проволоки позволяет существенно повысить межремонтную стойкость.

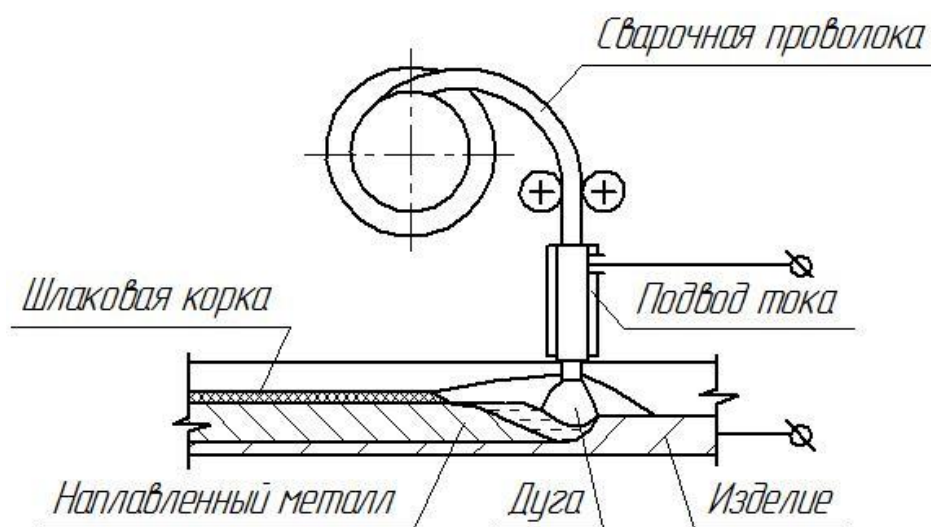


Рисунок 7 – Схема восстановительной наплавки порошковой проволокой

Главным недостатком наплавки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при наплавке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего возможно получение непроваров. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

Схема наплавки под флюсом представлена на рисунке 8. При восстановительной наплавке под флюсом следует ожидать повышения производительности и качества восстановления штампа. Главным недостатком наплавки под флюсом является необходимость применения специализированного оборудования. Также наплавка под флюсом

характеризуется повышенной глубиной проплавления основного металла, что в ряде случаев является нежелательным.

Схема выполнения плазменной наплавки представлена на рисунке 9. Применение самофлюсующихся сплавов на основе никеля и кобальта позволяют получать высокие эксплуатационные свойства наплавленных штампов.

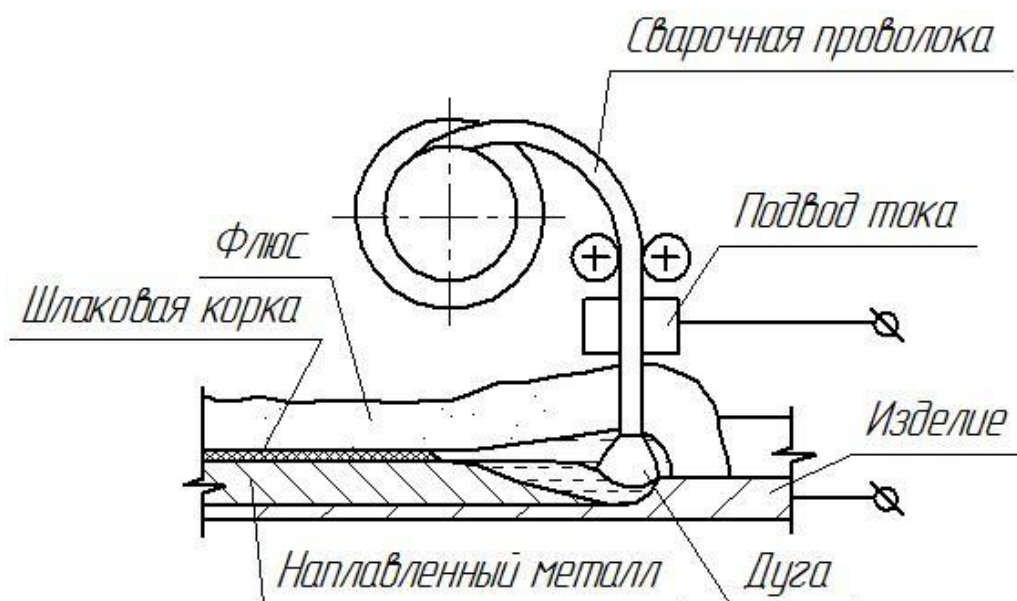


Рисунок 8 – Схема наплавки под флюсом

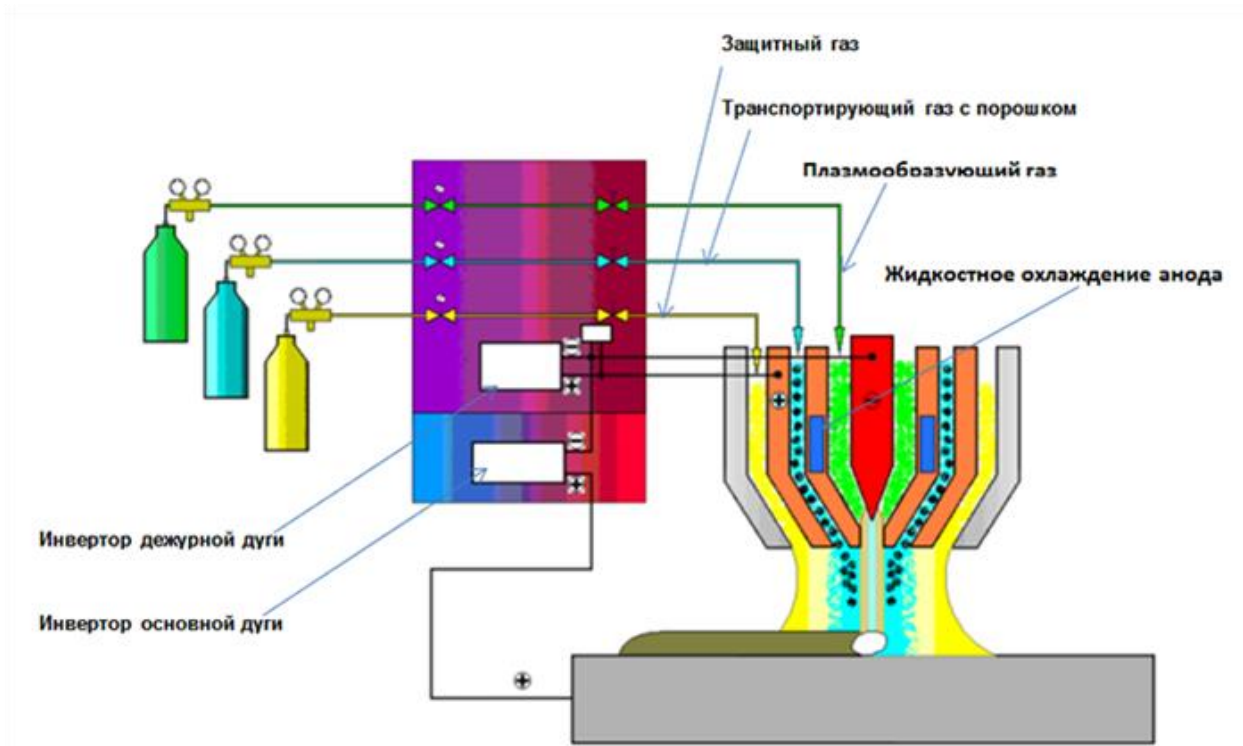


Рисунок 9 – Схема плазменной наплавки

Преимущества и недостатки каждого рассмотренного способа наплавки позволяют выставить экспертную оценку каждого способа с использованием критериев, предложенных в работах [11], [17]. Критериями для обоснования выбора способа наплавки являются:

- «мобильность способа,
- качество наплавленного слоя,
- условия труда сварщика,
- стоимость оборудования,
- стоимость наплавочных материалов,
- производительность наплавочных работ» [11], [17].

Анализ преимуществ и недостатков рассмотренных способов, а также перспективы их развития позволяют предложить для построения проектного технологического процесса плазменную наплавку. Дальнейшие работы следует вести в направлении повышения эффективности этого способа наплавки применительно к рассматриваемому изделию.

2.2 Обоснование выбора наплавочного материала

Применение плазменно-порошковой наплавки при восстановлении штампов началось ещё с 60-х годов прошлого века. И с тех пор способ продолжает совершенствоваться. Разрабатываются новые наплавочные материалы, источники питания и плазматроны. Применение самофлюсующихся сплавов на основе никеля и кобальта позволяют получить удовлетворительное качество наплавленного слоя [6].

Применение самофлюсующихся сплавов на основе никеля и кобальта позволяет получать покрытия, обладающие высокой износостойкостью, антифрикционными свойствами и коррозионной стойкостью. В качестве присущего этим сплавам недостатка следует указать высокую стоимость, которая на порядок выше, чем у сплавов на железной основе.

Применение для плазменной наплавки сплавов на железной основе позволяет существенно уменьшить себестоимость процесса восстановления, но сопровождается получением большого числа дефекта. Это объясняется плохой растекаемостью по наплавляемой поверхности.

Смачивающая способность жидкого присадочного материала определяется чистотой подготовки поверхности под наплавку и содержанием в наплавочном материале активных элементов-раскислителей. Следует признать высокую перспективность применения для плазменной наплавки порошка быстрорежущей стали 100Х4М5Ф2, которая позволяет получать на восстанавливаемом штампе наплавленные слои с высокими свойствами.

Для построения проектной технологии плазменной наплавки рассмотрим четыре варианта наплавочных порошков: ПР-Х12МФ, ПР-Х12МФ3Т, ПР-10Р6М5 и ПР-Х3ВМФ5С. В таблице 3 представлено содержание химических элементов в рассматриваемых порошках.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в рассматриваемых порошках

	С	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni	Ti
ПР-Х12МФ	1,5	12	-	0,5	0,3	-	0,4	0,4	-
ПР-Х12МФ3Т	2,2	12	-	0,5	3	-	0,6	0,4	0,8
ПР-10Р6М5	1	4	6,5	5	2	<0,5	0,55	0,4	-
ПР-Х3ВМФ5С	1,3	3	1,5	1,5	5	0,8	0,5	0,4	-

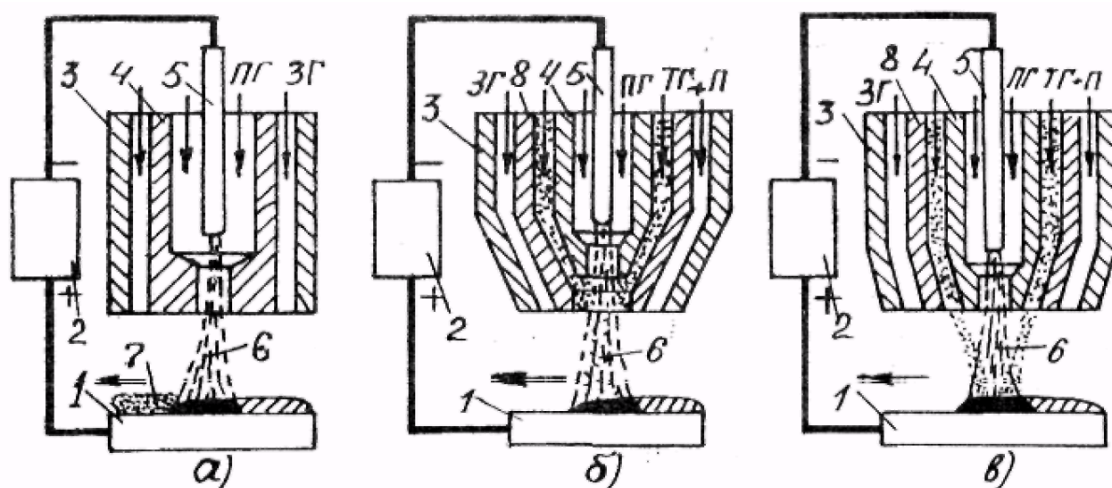
Для построения проектной технологии предлагается применить порошок состава ПР-10Р6М5, который позволяет обеспечить твердость наплавленного слоя после закалки 52...56 НRC, имеет минимальную стоимость из рассмотренных порошков и обеспечивает повышение ресурса восстановленного штампа в 1,5...2 раза.

Высокая эффективность плазменно-порошковой наплавки покрытий на основе стали Р6М5 доказана в работе [29].

2.3 Выбор схемы наплавки

Плазменно-порошковая наплавка может быть проведена по одной из трёх схем подачи порошка.

Первая схема, которая представлена на рисунке 10-а, предусматривает нанесение порошка на поверхность восстанавливаемой детали непосредственно перед выполнением наплавки. Далее нанесённый порошок расплавляется дугой прямого действия. Такая схема может быть использована для наплавки горизонтальных поверхностей и позволяет использовать крупнозернистый порошок с фракцией 0,5...3 мм. Использование порошка мелкой фракции при таком способе затруднено из-за сдувания порошка с поверхности детали.



«1 - изделие; 2 - источник тока; 3 - защитное сопло; 4 - плазмообразующее сопло; 5 - неплавящийся электрод; 6 - сжатая дуга; 7 - слой порошка; 8 - сопло для подачи порошка; ПГ - плазмообразующий газ; ЗГ - защитный газ; ТГ - транспортирующий газ; П - порошок» [7]

Рисунок 10 – Схемы плазменно-порошковой наплавки

Вторая схема, представленная на рисунке 10-б, предусматривает подачу порошка непосредственно в жатую дугу. Потоком транспортирующего газа порошок подаётся в столб дуги. Далее происходит нагрев и частичное оплавление порошка, который под действием дуги переносится на поверхность восстанавливаемой детали. При таком способе подачи

наплавочного порошка повышается производительность наплавки, которая составляет 1,5...12 кг в час в зависимости от значений параметров наплавки.

Более простая конструкция плазматрона достигается при подаче наплавочного порошка в сварочную ванну, схема способа представлена на рисунке 10-в.

2.4 Описание операций проектного технологического процесса наплавки

Восстановительная наплавка штамповой оснастки включает в себя следующие операции:

- «проведение отжига штампов;
- очистку рабочей поверхности штампов;
- подготовку дефектного места;
- проведение предварительного подогрева;
- выполнение наплавки;
- проведение высокого отпуска;
- осуществление предварительного контроля качества;
- механическую и термическую обработку штампа;
- осуществление окончательного контроля качества» [8].

«Отжиг штампов обеспечивает возможность подготовки дефектного места с использованием режущего инструмента. Параметры режима отжига принимают в соответствии с маркой стали, из которой выполнен штамп. Отжиг может быть заменён высоким отпуском. Чтобы предохранить рабочую поверхность штампа от окисления, отжиг следует вести в плотно закрытых ящиках. При этом производят предварительную засыпку поверхности штампа порошком древесного угля или обмазку рабочей поверхности тонким слоем (порядка 3 мм) смесью, которая включает в себя 15% кальцинированную соду 15 %, песок 40%, глину 35% и воду 10%. Отжиг производят при температуре 850...900 °С, время выдержки 2...4 часа» [29].

Подготовка дефектного места. Производят удаление трещин, острых углов, выкрошившихся кромок и т. д. Производят снятие фаски и выточку по периметру наплавки; глубину фаски задают в соответствии с толщиной рабочего слоя наплавки (0,5...2 мм). Поверхность перед наплавкой зачищают до металлического блеска, удаляя с неё окалину, масло, ржавчину и грязь.

«Разделку дефектов произведём с применением плазменной поверхностной резки, что повысит производительность разделки. При этом выплавление металла происходит под действием высокотемпературной плазменной дуги, а удаление металла происходит под действием направленного потока воздуха. Плазменно-поверхностную резку выполняют с использованием плазматрона и вольфрамовых электродов. При осуществлении плазменной резки применим следующие параметры режима: род тока – постоянный; полярность – обратная; диаметр электрода – 8 мм; величина тока реза – 340...380 А; напряжение на дуге – 22...45 В; скорость реза – 11...15 мм/с» [29].

Для плазменной резки применим установку УПР-201, оснащенную резаком ПРВ-202. При этом у стандартного сопла осуществим стачивание бурта, что позволит получить направление выхода охлаждающего воздуха параллельно столба дуги.

Предварительный подогрев предупреждает появление трещин. Температура подогрева определяется размерами восстанавливаемого штампа и металлом, из которого выполнен наплавляемый штамп. При восстановительной наплавке штампов из стали X12M предварительный подогрев проводят до температуры 200...300 °С (небольшие штампы) или до температуры 400...450 °С (массивные штампы).

«Наплавка осуществляется порошком, размеры частиц которого лежат в пределах 70 ... 600 мкм. Наилучшего качества наплавки можно достигнуть при использовании порошка с однородными частицами, у которых разница в размерах не превышает 30 мкм. Параметры режима плазменной наплавки

следующие: величину тока наплавки устанавливают в пределах 280...300 А, напряжение холостого хода должно составлять порядка 120...160 В, рабочее напряжение на дуге лежит в пределах 21...24 В. При помощи газорегулирующей аппаратуры устанавливают расход газов: плазмообразующего – 2,4...2,6 л/мин, транспортирующего – 5...7 л/мин, защитного – 12 ... 14 л/мин. Расход охлаждающей воды должен составлять не менее 5 л/мин. Наплавку ведут на скорости порядка 16...18 м/ч, расстояние от детали до горелки поддерживают порядка 10...12 мм, число колебаний горелки в минуту – 40...100» [29].

Параметры режима при выполнении высокого отпуска и термической обработки выбираются с учётом марки стали обрабатываемой детали. Для того, чтобы избежать окисления поверхности деталей в процессе термической обработки, штамп следует помещать в плотно закрытый ящик, в котором он засыпается порошком древесного угля. Температура отпуска – 700...750 °С, выдержка – 2...4 часа. После наплавки и термической обработки происходит восстановление стойкости штампов на 75...100%.

Контроль качества наплавки производят, чтобы убедиться в соответствии размеров наплавленного слоя заданным и в отсутствии дефектов.

В числе наиболее часто встречающихся при наплавке дефектов следует опасаться: трещин, пор и раковин, несплавлений наплавленного слоя с основным металлом.

«Внешние дефекты выходят на поверхность наплавки. Внутренние дефекты располагаются внутри наплавленного слоя. Обнаружение внешних дефектов сравнительно простое и производится осмотром наплавки и магнитной дефектоскопией. Внутренние дефекты достаточно сложно обнаружить, для их обнаружения следует применять: просвечивание рентгеновскими лучами, магнитную и ультразвуковую дефектоскопию» [8].

Самым опасным дефектом наплавки следует признать трещины, поскольку при воздействии на восстановленное изделие нагрузок и тепловых

колебаний происходит быстрое увеличение размеров трещин, что приводит к выходу детали из строя.

«Поры образуются при наличии ржавчины на наплавляемой поверхности. Возникновение пор возможно при наплавки, если ранее применялась наплавка с использованием электродов с меловой обмазкой, поскольку это приводит к увеличению содержания азота в наплавленном слое. Поры являются менее опасным дефектом, чем трещины, но их наличие может привести к снижению износостойкости и прочности наплавленного металла» [4].

«Причинами появления несплавлений наплавленного слоя с основным металлом является несоблюдение заданной скорости наплавки, наличие загрязнений на наплавляемых поверхностях, нарушение заданных режимов наплавки. Из-за несплавлений при работе восстановленного штампа могут возникать отколы наплавленного слоя» [8].

Объём визуального контроля качества составляет 100 %, его проводят применительно к всем наплавленным поверхностям по всей их площади.

Замер твёрдости проводят на наплавленных поверхностях, доступных для проведения замера, после предварительной механической обработки, которая имеет припуск на окончательную механическую обработку не более 0,5 мм.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [9].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [13], [14].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонта штамповой оснастки. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Особенности выполнения проектной технологии восстановительной наплавки представлены в таблице 4. Сам процесс может быть укрупнённо представлен в виде набора шести операций. Первой операцией проектного технологического процесса является отжиг. Для его выполнения применяется электрическая печь и порошок древесного угля. Второй операцией проектного технологического процесса является подготовка дефектного места. Для её выполнения применяется установка плазменной резки. Третьей операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для её выполнения применяется электрическая печь. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её выполнения применяется установка плазменной наплавки. Пятой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Шестой операцией проектного

технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и твердомер.

Таблица 4 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. «Отжиг	Термист	Электропечь	Порошок древесного угля
2. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Установка плазменной резки, резак, линейка металлическая	Ветошь
3. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Электропечь	-
4. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	Источник питания сварочной дуги, установка для наплавки	Наплавочный порошок, аргон, вода техническая
5. Высокий отпуск	Термист	Электропечь	Порошок древесного угля
6. Контроль качества» [28]	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

Выполнение операций технологического процесса и использование оборудования приводит к возникновению профессиональных и производственных рисков. Наличие опасных и вредных факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического

процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 5 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 5 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Отжиг	<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
2. Подготовка дефектного места	<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
3. Проведение предварительного подогрева	<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
4. 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
5. Высокий отпуск	<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
6. Контроль качества	ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 4, выделено семь 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,
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

На основании анализа проектного технологического процесса были выявлены опасные и вредные факторы, сопровождающие внедряемую технологию. В таблице 6 представлены выработанные решения по обеспечению безопасности производственного процесса.

Таблица 6 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Помимо опасных и вредных производственных факторов при реализации проектной технологии необходимо принимать во внимание опасность возникновения пожаров. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 7.

На основании данных таблицы 7 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	Оборудование для плазменно-порошковой наплавки, термической обработки, контроля качества
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе. Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 8 приведены технические средства по устранению опасных факторов пожара.

Таблица 8 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели. Таким образом предлагаемые технические средства и организационные мероприятия направлены на максимальное уменьшение вероятности возникновения пожаров на предприятии.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

При выполнении операций проектного технологического процесса возникает негативное антропогенное действие на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 9 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 9 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при выполнении ремонта штамповой оснастки. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

Технологический процесс может быть укрупнённо представлен в виде набора шести операций. Первой операцией проектного технологического процесса является отжиг. Для его выполнения применяется электрическая печь и порошок древесного угля. Второй операцией проектного технологического процесса является подготовка дефектного места. Для её выполнения применяется установка плазменной резки. Третьей операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для её выполнения применяется электрическая печь. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её выполнения применяется установка плазменной наплавки. Пятой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Шестой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и твердомер.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 10 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам 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
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	300	30
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.	200 тыс.	800 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	10
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	30	30
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» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $V=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 8,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 10,2$ часа и $t_{шт.проектн.} = 5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 6$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054/10,2 = 201$ наплавов для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054/6 = 342$ наплавов для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 100$ наплавов в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 10,2 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,48$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 6 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,28$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,48/1 = 0,48$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,28/1 = 0,28$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=240 \cdot 20 \cdot 1,05 = 5040$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=90 \cdot 12 \cdot 1,05 + 50 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 1,05 = 1134 + 2835 = 3969$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 300 \cdot 10,2 \cdot 1,88 = 5753$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 300 \cdot 6 \cdot 1,88 = 3384$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100 . \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{доп} = 5753 \cdot 12 / 100 = 690$ рублей для операций

базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 3384 \cdot 12 / 100 = 406$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 5753 + 690 = 6443$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 3384 + 406 = 3790$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 6443 \cdot 34 / 100 = 2191$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 3790 \cdot 34 / 100 = 1289$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации $N_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_{\text{а}} = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ и цена оборудования $\Pi_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 300000 \cdot 21,5 \cdot 10,2 / 2054 / 100 = 320$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 6 / 2054 / 100 = 502$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $C_{э}$:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{э} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э} = 10 \cdot 10,2 \cdot 3,4 / 0,7 = 684$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э} = 10 \cdot 6 \cdot 3,4 / 0,85 = 332$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 320 + 684 = 1004$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 502 + 332 = 834$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $\Phi ЗП$, затрат на оборудование $Z_{об}$ и затрат на площади $Z_{пл}$:

$$C_{тех} = M + \Phi ЗП + O_{сн} + Z_{об} + Z_{пл}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 5040 + 6443 + 2198 + 1004 + 521 = 15206$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 3969 + 3790 + 1289 + 834 + 306 = 10188$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 15206 + 1,5 \cdot 5753 = 15206 + 8630 = 23836$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 10188 + 1,5 \cdot 3384 = 10188 + 5076 = 15264$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 23836 + 1,15 \cdot 5753 = 23836 + 6616 = 30452$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 15264 + 1,15 \cdot 3384 = 15264 + 3892 = 19156$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	5040	3969
2. Фонд заработной платы	ФЗП	6443	3790
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	2198	1289
4. Затраты на оборудование	Зоб	1004	834
5. Затраты на площади	Зпл	521	306
5. Технологическая себестоимость	Стех	15206	10188
6. Цеховые расходы	Рцех	8630	5076
7. Цеховая себестоимость	Сцех	23836	15264
8. Заводские расходы	Рзав	6616	3892
9. Заводская себестоимость» [13]	Сзав	30452	19156

Данные, представленные в таблице 11, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии. Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $C_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $C_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$C_{\text{об. б.}} = C_{\text{перв.}} - (C_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{об. б.}} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 106500$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,48 = 51120$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные

площади $K_{пл.пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр.}$:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{ТЗ}=1,05$, цены оборудования $Ц_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 235200$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 1 \cdot 300000 \cdot 0,05 = 15000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{мон} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 800000 \cdot 0,05 = 40000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт.} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 15000 + 40000 = 65000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 235200 + 65000 = 300200$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ пр}} - K_{\text{общ б}} \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 300200 - 51120 = 249080$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 51120/100 = 511$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 300200 / 100 = 3002$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (10,2 - 6) \cdot 100 \% / 10,2 = 41 \%$.

Повышение производительности Π_r рассчитывается как

$$П_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $П_T = 100 \cdot 41 / (100 - 41) = 69 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (15206 - 10188) \cdot 100\% / 15206 = 33 \%$.

Размер условно-годовой экономии $П_{ож}$ рассчитывается как

$$П_{ож} = \mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot П_T. \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $П_{ож} = (30452 - 19156) \cdot 100 = 1129600$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 249080 / 1129600 = 0,22$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_Г$ рассчитывается как

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_Г = 1129600 - 0,33 \cdot 249080 = 1047403$ рублей.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 69 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 33 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,047 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,22 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при выполнении ремонта штамповой оснастки.

Анализ базовой технологии, которая предусматривает применение ручной дуговой наплавки специализированными электродами, позволяет установить множественные недостатки, устранение которых, позволит повысить производительность и качество выполнения ремонтных работ. Первым недостатком является увеличенный расход электродного материала, который связан с образованием электродных огарков. Вторым недостатком является очень тяжелые условия труда сварщика, которому приходится выполнять наплавку в условиях действия вредного излучения дуги и сварочного аэрозоля. Третьим недостатком является низкая производительность процесса наплавки при использовании штучных электродов. Четвертым недостатком является малая стойкость штампов после выполнения наплавки и значительное количество дефектов, возникающих при наплавке штучными электродами.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

Технологический процесс может быть укрупнённо представлен в виде набора шести операций. Первой операцией проектного технологического процесса является отжиг. Для его выполнения применяется электрическая печь и порошок древесного угля. Второй операцией проектного технологического процесса является подготовка дефектного места. Для её выполнения применяется установка плазменной резки. Третьей операцией проектного технологического процесса является предварительный подогрев. Для её выполнения применяется электрическая печь. Четвёртой операцией проектного технологического процесса является наплавка. Для её

выполнения применяется установка плазменной наплавки. Пятой операцией проектного технологического процесса является высокий отпуск. Для её выполнения применяется электрическая печь. Шестой операцией проектного технологического процесса является контроль качества. Для её выполнения применяется набор визуально-измерительного контроля и твердомер.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 69 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 33 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,047 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,22 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту штамповой оснастки.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Бартенев Д. В. Разработка наплавочного сплава и технологии упрочнения и ремонта штампов горячего деформирования : дисс. ... канд. техн. наук, Курский государственный технический университет, Курск, 2008.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Бельский Е. И., Ситкевич М. В. Эксплуатация, ремонт и пути повышения стойкости штампов. М.: Машиностроение, 1981. 51 с.
4. Богуцкий А. А., Куций А. М. Механизированная наплавка металлорежущего инструмента быстрорежущей сталью // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної наук. техн. конф., 4-7 червня 2007 року. Краматорськ: Донбаська державна машинобудівна академія, 2007. С. 9.
5. Владимиров В. М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений. М.: Высшая школа, 1974. 431 с.
6. Ву Дж Б.С., Павленко А. В. Износо- и коррозионностойкие сплавы на основе кобальта для наплавки // Автоматическая сварка. 2004. № 10. С. 44–48.
7. Гладкий П. В., Переплётчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменная наплавка. К. : Екологія, 2007. 292 с.
8. Голуб Д. М. Совершенствование технологии наплавки штампового инструмента с применением порошковой проволоки инструмента: дисс. ... канд. техн. наук, Донбасская государственная машиностроительная академия, Мариуполь, 2016.
9. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
10. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014

11. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
12. Колмогоров В. Л., Богатов А. А., Мыгачев Б. А. Пластичность и разрушение. М.: Металлургия, 1977. 336 с.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Макаренко Н. А., Богуцкий А. А., Грановская Н. А. Повышение эффективности работы деталей машин металлургического и пресового производства применением плазменно-порошковой наплавки на разнополярном токе // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2011. № 1. С. 108–114.
16. Околович Г. А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов: монография. Барнаул: АлтГТУ, 2010. – 202 с.
17. Павлова И. А., Павлов А. С. Технико-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.
18. Позняк Л. А., Скрынченко Ю. М., Тишаев С. И. Штамповые стали. М.: Металлургия, 1980. 244 с.
19. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки // М. : Машиностроение, 1977. 278 с.
20. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки. М. : Машиностроение, 1977. 278 с.
21. РД 020000.37.101.0021-2019 Наплавка деталей штамповой оснастки для холодной обработки металлов давлением, деталей оборудования и вспомогательного инструмента в пресовом производстве, АО «АВТОВАЗ», 2019. 25 с.

22. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.
23. Рябцев И. А. Наплавка деталей машин и механизмов. Киев: Екотехнологія, 2004. 160 с.
24. Сидоров А. И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой. М. : Машиностроение, 1987. 192 с.
25. Соколов Г. Н., Лысак В. И. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей. Волгоград: ВолгГТУ, 2005. 284 с.
26. Соколов Г. Н. Формирование композиционной структуры наплавленного металла для работы в условиях термосилового воздействия и разработка технологии ЭШН прессовых штампов и инструмента : дисс. ... д-ра техн. наук ВолгГТУ, Волгоград, 2007.
27. Соломка Е. А., Лобанов А. И., Орлов Л. Н. Восстановительная и упрочняющая наплавка деталей штампового оборудования // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 111–113.
28. Толстых Л. Г., Фурман Е. Л. Наплавочные материалы и технология наплавки: учебное пособие. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. 102 с.
29. Хайдарова А. А., Дегтерев А. С. Структура и свойства покрытий на основе стали Р6М5, полученных способом плазменной порошковой наплавки // Известия Томского политехнического университета. 2012. № 2. С. 95–99.
30. Шишков, М.М. Марочник сталей и сплавов / М.М. Шишков // Донецк: Юго-Восток, 2002. – 456 с.
31. Doria, J.G. Welding consumables: Market Trends // European Welding Association. Istanbul. 2001. № 20.
32. Irving B. U.S. Navy Maintains High Interest in Funding for Welding Research. Construction and maintenance welding play a page part in the Navy's plans // Welding Journal. 1995. № 3. P. 41-47.