

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 штампа для изготовления надставки  
верхнего усилителя щитка передка ВАЗ 2190

Студент

И.Н. Соколов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., профессор А.И. Ковтунов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

## Аннотация

Существенное повышение стойкости штампового инструмента обеспечивается выбором состава штамповой стали, оптимизацией режимов термической обработки штампового инструмента, его цементацией и улучшением условий эксплуатации штампов. Однако наиболее эффективным методом повышения стойкости штампов является применение наплавки легированных сплавов на их изнашивающиеся поверхности, так как в этом случае наиболее доступно регулирование свойств наплавленного слоя путем изменения состава наплавленного металла и режимов его термической обработки.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии ремонтной наплавки штампов прессового оборудования. Дуговая наплавка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение плазменной наплавки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

В работе решены следующие задачи: 1) выполнить обзор и произвести выбор наплавочных материалов; 2) разработать технологический процесс восстановительной наплавки штамповой оснастки; 3) предложить оборудование для реализации проектной технологии.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,05 млн. рублей.

## Содержание

Введение . . . . .	5
1 Современное состояние вопроса восстановления штампов. . . . .	7
1.1 Сведения об изделии и особенности его работы. . . . .	7
1.2 Сведения о материале изделия . . . . .	8
1.3 Сведения о базовой технологии. . . . .	10
1.4 Выбор способа восстановительной наплавки. . . . .	11
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной. . . . .	18
квалификационной работы . . . . .	
2 Проектная технология восстановительной плазменной наплавки. . . . .	19
2.1 Выбор наплавочного материала . . . . .	19
2.2 Оборудование для восстановительной плазменной наплавки . . . . .	21
2.3 Описание операций проектного технологического процесса наплавки . . . . .	29
Заключение по второму разделу . . . . .	32
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений . . .	33
3.1 Технологическая характеристика объекта . . . . .	33
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений . . . . .	34
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков . . . . .	35
3.4 Обеспечение пожарной безопасности . . . . .	36
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений. . . . .	38
3.6 Заключение по разделу . . . . .	39
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений . . . . .	40

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования . . . . .	42
4.3 Расчет штучного времени . . . . .	43
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	47
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам . . . . .	54
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений . . . . .	59
Заключение по экономическому разделу . . . . .	61
Заключение . . . . .	63
Список используемой литературы . . . . .	64

## Введение

В кузнечно-прессовом и металлургическом производстве повышение стойкости и восстановление изношенных деталей машин, штампов, инструмента оснастки различного назначения является актуальной задачей. Важную роль в решении данных задач играют процессы наплавки [1–4].

При изготовлении новых деталей, и восстановлении работоспособности изношенных деталей расходуются значительные материальные ресурсы. Современное промышленное предприятие, осуществляющее массовый выпуск продукции, каким является штамповое производство, расходы на приобретение запасных деталей составляют по стоимости – до 50 %, по трудоёмкости – до 40 %. Сокращение расходов, связанных с поддержанием работоспособности оборудования является важной задачей. Решение этой задачи лежит в области совершенствования способов восстановления изношенных деталей.

С точки зрения металлоёмкости ремонт деталей оборудования и транспорта требует меньших затрат материалов, чем выпуск новых деталей. Кроме того, проведение ремонта требует меньших временных затрат, чем изготовление новой детали. В связи с этим, организация ремонта будет экономически эффективнее, чем выпуск новых деталей. Таким образом, приоритетным направлением ресурсосбережения является восстановление работоспособности элементов оборудования и транспорта.

Существенное повышение стойкости штампового инструмента обеспечивается выбором состава штамповой стали, оптимизацией режимов термической обработки штампового инструмента, его цементацией и улучшением условий эксплуатации штампов. Однако наиболее эффективным методом повышения стойкости штампов является применение наплавки легированных сплавов на их изнашивающиеся поверхности, так как в этом случае наиболее доступно регулирование свойств наплавленного слоя путем

изменения состава наплавленного металла и режимов его термической обработки.

Разработка новой штамповой стали, организация ее производства, разработка технологического процессаковки и термической обработки требуют значительно больших затрат, чем разработка наплавочного материала, обеспечивающего наплавку новой штамповой стали. Кроме того, наплавленный слой можно наносить на основу из конструкционной стали, чем достигается экономия дефицитных легированных сталей. Современные методы наплавки позволяют наплавлять металл высокого качества, который может применяться как непосредственно после наплавки, так и после термической обработки.

Ремонт инструмента кузнечно-прессового оборудования наплавкой эффективен благодаря более низкой цене по сравнению с покупкой новой детали. Штампы и бойки для горячей штамповки иковки, пресс-формы для литья под давлением испытывают тепловые удары, высокие удельные давления, износ истиранием, которые приводят к образованию трещин, задиров и рисок, потери геометрии рабочих поверхностей деталей.

Выпускная квалификационная работа будет посвящена разработке технологии восстановления штамповой оснастки. Для поиска наиболее эффективных технологических решений необходимо произвести обзор и анализ научных работ по данной тематике.

Актуальность повышения эффективности процессов наплавки и срока службы наплавленных изделий в металлургическом и кузнечно-прессовом производстве в связи с вышеизложенным очевидна.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов.

## 1 Современное состояние вопроса восстановления штампов

### 1.1 Сведения об изделии и особенности его работы

На территории цеха установлены прессы, осуществляющие штамповку деталей кузова (рис. 1.1). Прессы располагаются друг за другом, образуя пооперационную линию. Прессы обеспечивают двойное действие, при опускании вниз сначала происходит зажатие металлического листа ползуном, а потом происходит штамповка. Перемещение заготовок от одной операции к другой происходит потоком при помощи транспортера, автоматически подающего заготовки от штампа к штампу. Работу прессов контролирует оператор-наладчик, который обслуживает одновременно несколько прессов и осуществляет их переналадку.



Рисунок 1.1 – Прессовое производство АО «АВТОВАЗ»

Деталь (2190-5301132 СБ) (рис. 1) надставка верхнего усилителя щитка передка в сборе автомобиля ВАЗ 2190 входит в узел 2190-5301080 – щиток передка. Она состоит из листовой заготовки толщиной 1,0 мм из стали 08 пс к которой при помощи контактной рельефной сварки приваривается шесть болтов: два болта 1/41149/10 (при этом крутящий момент отрыва по

сварке должен быть не менее 17 Н·м) и четыре болта 1/41147/10 (при этом крутящий момент отрыва по сварке должен быть не менее 7 Н·м).

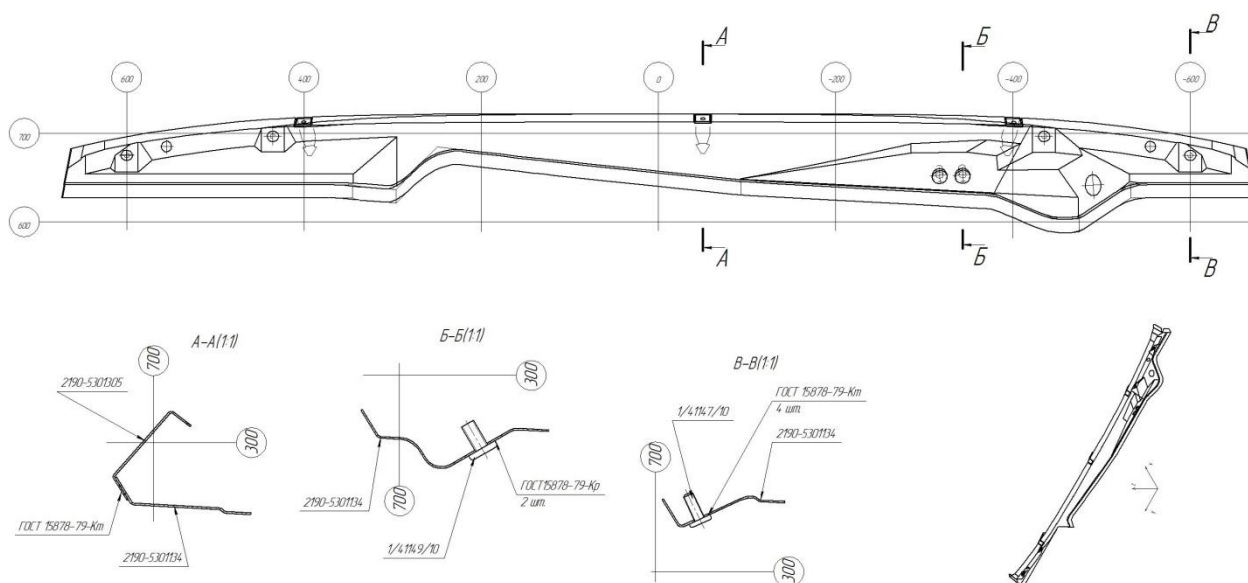


Рисунок 1.2 – Надставка верхнего усилителя щитка передка в сборе автомобиля ВАЗ 2190

Элементы переднего подрамника выполняют штамповкой, расходным элементом которой является штамповая оснастка, подвергающаяся интенсивному износу. Появляются борозды, углубления, выкрашивание частиц металла, трещины, истирания.

Для того, чтобы поддерживать штамповую оснастку в рабочем состоянии, её необходимо периодически реставрировать с применением наплавки, которая выполняется ручной дуговой сваркой штучными электродами.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления штампового инструмента для холодной штамповки используются различные стали и сплавы с особым комплексом физико-механических свойств. По условиям работы инструмента эти стали делят на две категории: 1) деформирующие металл в холодном состоянии; 2) деформирующие металл в горячем состоянии.



Стали для «холодных штампов» должны обладать высокой твердостью, износостойкостью и прочностью, сочетающейся с достаточной вязкостью, а также должны быть теплостойкими. Стали для «горячих штампов» должны иметь низкую чувствительность к местным нагревам, высокие жаропрочность, красностойкость, термостойкость, вязкость и прокаливаемость [5].

Химический состав и назначение штамповых сталей регламентирует ГОСТ 5950-2000. По химическому составу такие материалы можно разделить на следующие группы: 1) высокоуглеродистые; 2) низколегированные; 3) высокохромистые; 4) комплекснолегированные (с пониженным содержанием хрома); 5) высоковольфрамовые; 6) дисперсионно-твердеющие сплавы; 7) твердосплавные.

Среди указанных сталей и сплавов наиболее подходящим для условий работы штампового инструмента холодного деформирования металла комплексом механических и технологических свойств обладают последние четыре группы. По эксплуатационным свойствам стали и сплавы для штампового инструмента можно условно разделить на пять основных групп [5]: 1) высокой износостойкости; 2) высокопрочные, теплоустойчивые; 3) высокопрочные, обладающие повышенной ударной вязкостью и минимальной деформацией при термической обработке; 4) высокой вязкости; 5) стали и сплавы общего назначения.

Изготовление рабочих частей штампов для осуществления холодной штамповки требует применения сталей, которые по степени прокаливаемости разделяют на следующие группы [6]: 1) к первой группе принадлежат углеродистые инструментальные стали, имеющие относительно небольшую прокаливаемость ( $\emptyset$  до 25 мм): У8, У10; 2) ко второй группе следует отнести легированные стали, имеющие повышенную прокаливаемость ( $\emptyset$  до 40...50 мм): ШХ15, 9ХФ, ХГСВФ; 3) к третьей группе следует отнести высокохромистые стали, имеющие высокую прокаливаемость ( $\emptyset$  до 80 мм), высокую износоустойчивость, малую деформацию при закалке: Х12Ф1,

ХГЗСВФ, Х6ВФ; 4) к четвёртой группе следует отнести легированные стали, имеющие повышенную вязкость (при твердости 56...58 HRC): 4ХС, 4ХВ2С, 5ХВГ.

Таблица 1.1 – содержание химических элементов в стали Х12М

С	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V
1.45 - 1.65	0.15 - 0.35	0.15 - 0.4	до 0.03	до 0.03	11 - 12.5	0.4 - 0.6	0.15 - 0.3

### 1.3 Сведения о базовой технологии

Для повышения стойкости новых штампов и восстановления изношенных применяется упрочняющая наплавка. Марки и состав большинства электродов для упрочняющей наплавки установлены ГОСТ 10051–75. В их числе большая группа электродов, специально предназначенных для наплавки штампов [7].

Электроды для наплавки штампов подразделяются на три группы в зависимости от легирования получаемого металла. Электроды первой группы, к которым относятся, в частности, ЭН-60М, ОЗШ-1, ЭН-60, ЦМ-4, позволяют получать высшую износостойкость поверхности, сохраняющуюся до температуры 400 °С, что особенно необходимо для штампов, нагреваемых в процессе штамповки до температуры, близкой к указанной. Ко второй группе относятся высоколегированные электроды на основе хрома (У0НИ-13/НЖ, ЭШГ, ЦМ-5, Ш-1). Применение этих электродов позволяет получить наплавленный слой, самозакаливается при охлаждении на воздухе и сохраняющий мартенситную структуру при нагреве до 400...500 °С. Третью группу составляют электроды, легированные вольфрамом и молибденом. К ним относятся ОЗИ-3, ОЗИ-2, ЦМ-1М, КПИ-3Х2В8, К-53. Металл, полученный наплавкой электродами третьей группы, по составу близок к быстрорежущим сталям [7].

Наплавку толщиной более 10 мм производят комбинированным способом, послойно, применяя различные электроды. Сначала наплавляют нижние слои электродами ОЗИ-1 (или ОЗИ-1 т), затем электродами ЭН-60М или ОЗИ-3.

Поскольку рабочие детали имеют сложную форму и не технологичны для термообработки, то для разделительных штампов используют высоколегированные хромистые стали марок Х12Ф1, Х12М, 9ХС, ХВГ и др., которые обладают более высокой износостойкостью и при термообработке в меньшей степени подвержены поводке и короблению [8].

#### **1.4 Выбор способа восстановительной наплавки**

Ручная дуговая наплавка (рис. 1.3) предусматривает применение штучных металлических электродов, и присадки легирующих элементов. При наплавке располагают электрод и присадочную полосу. Направление наплавки слева направо. Это устраняет попадание расплавленного металла на непрогретый основной металл. Так же при ведении наплавки слева направо уменьшается вероятность попадания шлака под наплавляемый слой. Присадку выполняют в виде стальной полосы, загнутой в виде длинного корытца. Присадка содержит необходимые легирующие элементы. Толщина полосы присадки составляет 1,5...1,7 мм, а её длина порядка 300 мм. Выполнение присадочной полосы в виде корытца позволяет заполнять её пастой из ферромарганца.

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

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

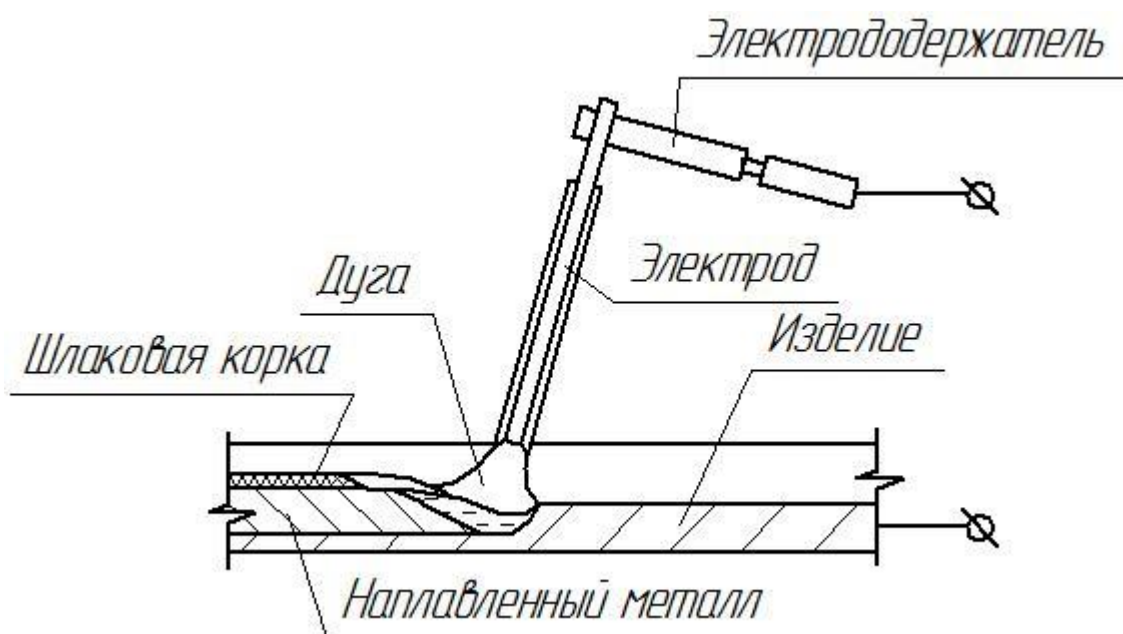


Рисунок 1.3 – Схема восстановительной наплавки штучными электродами

Механизированная дуговая наплавка в защитных газах (рис. 1.4) получила широкое распространение и постоянно совершенствуется. Во многих опубликованных работах представлены достаточно значимые результаты по указанным процессам.

В настоящее время выполнен ряд разработок в данной области с использованием современных компьютеризованных электроприводов на основе вентильных электродвигателей специальной разработки. В частности, это позволило реализовать практически любой алгоритм движения электродной проволоки, включая реверсивное движение с регулированием

всех составляющих, а именно: частота, шаг, амплитуда импульсов, а также скважность. При этом достигнут частотный диапазон, превышающий 50 Гц. Расширенные технические характеристики новых систем подачи электродной проволоки дали возможность существенно продвинуть исследования в части управления геометрическими характеристиками сварного соединения, оптимизации энергетических затрат и потерь электродного металла [9].

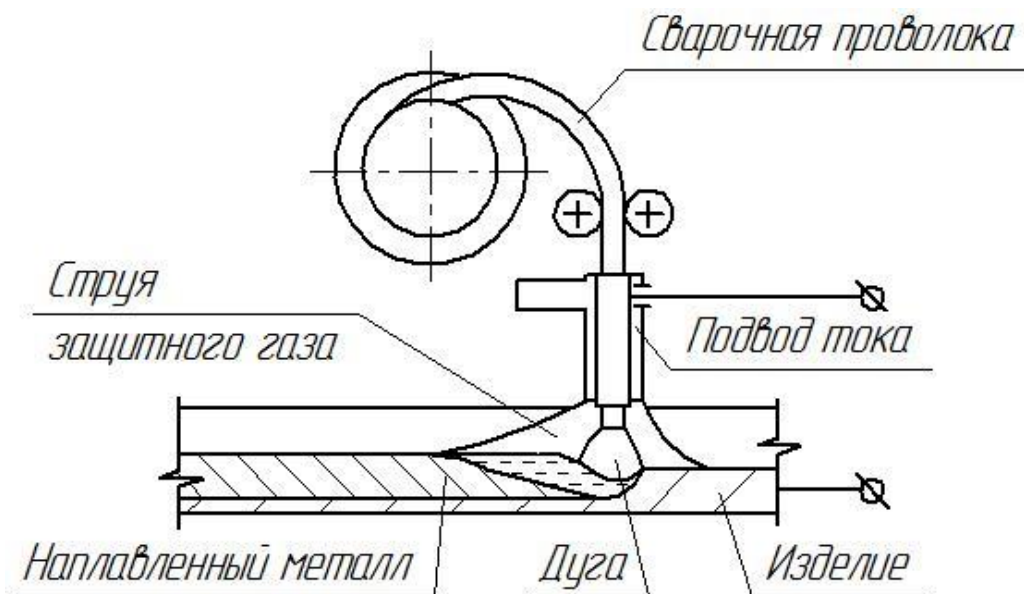


Рисунок 1.4 – Схема наплавки в защитных газах

При проведении восстановительной наплавки режущего и холодноштампового инструмента широко применяются самозащитные порошковые проволоки [3, 4]. Восстановление штампового инструмента наплавкой позволяет получить наплавленный металл практически любого состава, повысить межремонтную и суммарную стойкость штампов, а, следовательно, снизить общую себестоимость продукции.

При наплавке самозащитной порошковой проволокой наблюдается гораздо меньшая чувствительность к влиянию скорости ветра на газонасыщенность металла наплавки и его свойства по сравнению с наплавкой в  $\text{CO}_2$  на открытых площадках. Наплавка в среде  $\text{CO}_2$ , кроме того, требует дополнительного оборудования по сравнению с наплавкой самозащитной проволокой.

В самозащитных порошковых проволоках газовая защита обеспечивается введением в состав шихты их сердечников карбонатов, например: мрамора, магнезита, кальцинированной соды и пр. или органических компонентов. В большинстве сердечников порошковых проволок обязательным компонентом является плавиковый шпат, который вводится с целью повышения жидкотекучести шлака, что способствует улучшению рафинирования металла наплавки. По содержанию других шлакообразующих компонентов самозащитные порошковые проволоки существенно отличаются [20-23].

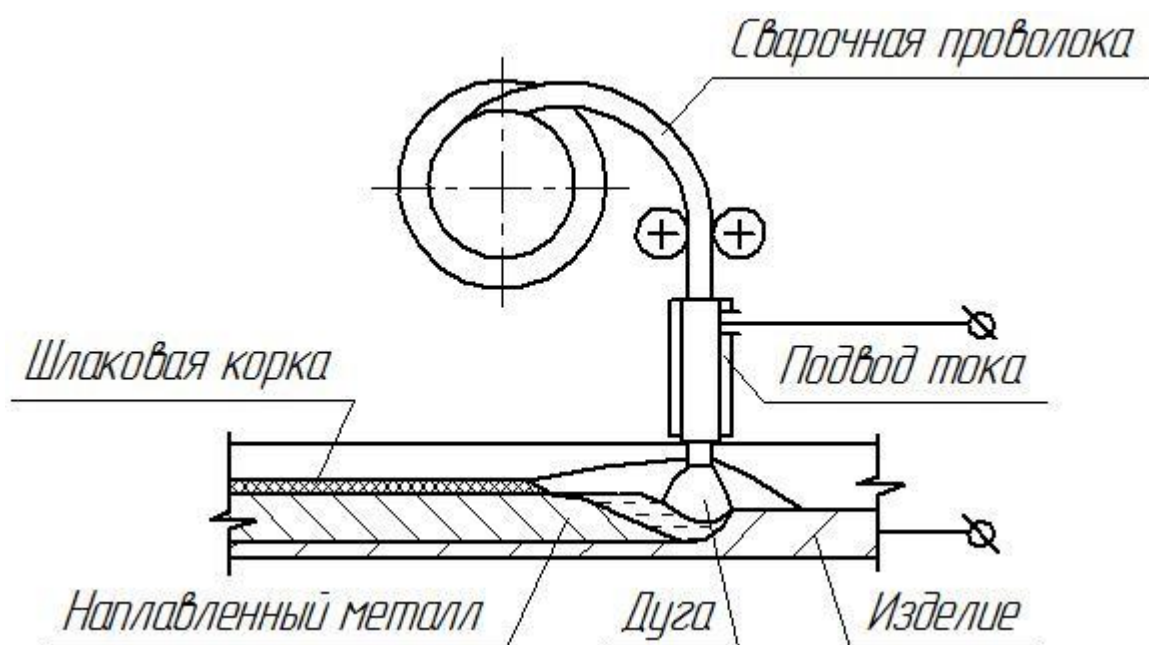


Рисунок 1.5 – Схема восстановительной наплавки порошковой проволокой

Серийно выпускаемые наплавочные порошковые проволоки обеспечивают хорошие сварочно-технологические свойства в широком диапазоне составов наплавленного металла, высокий уровень раскисления, низкое содержание газов и неметаллических включений в металле наплавки [24, 25]. Однако при плавлении самозащитных порошковых проволок наблюдается отставание плавления сердечника от оболочки [26]. Этому способствует низкая электропроводность сердечника по сравнению с металлической оболочкой. При больших скоростях подачи проволоки

отставание приводит к ухудшению сварочно-технологических показателей. Низкая теплопроводность отдельных компонентов порошкообразного сердечника проволоки, их тугоплавкость, протекание эндотермических реакций при плавлении усугубляет данный недостаток. Кроме того, попадание нерасплавившихся компонентов сердечника в сварочную ванну вызывает засорение металла шва шлаковыми включениями.

Одним из путей обеспечения равномерности плавления сердечника и оболочки порошковой проволоки является введение в состав их шихты экзотермических смесей [27, 28].

Применение экзотермических смесей в составе шихты самозащитных порошковых проволок способствует повышению теплопроводности шихты и достижению равномерности плавления оболочки и сердечника. Поэтому при разработке самозащитной экзотермической порошковой проволоки для наплавки штампового инструмента необходимо изучить влияние экзотермической смеси на характеристики плавления проволоки, свойства наплавленного металла и характер формирования сварного шва.

При выполнении дуговой наплавки под слоем флюса (рис. 1.6) с применением порошковой проволоки или проволоки сплошного сечения происходит резкое увеличение производительности. Также наблюдается повышение качества наплавочных работ, улучшаются условия труда персонала, занятого при наплавке изделий. Повышение производительности происходит по причине увеличения сварочного тока, а также благодаря возможности непрерывного процесса наплавки. Следует отметить, большой сварочный ток не только приводит к повышению производительности наплавки, но и к существенному увеличению глубины провара и доли основного металла в наплавленном слое. Для случая наплавки износостойких сплавов это будет крайне нежелательно.

Проведение наплавки штампов под слоем флюса может быть осуществлено с применением:

- 1) Порошковой проволоки: ПП-Х12ВФ; ПП-Х12Ф; ПП-Х12М; ПП-Х12ТФ; ПП-сормайт № 2 и флюса АН-30
- 2) Порошковой проволоки ПП-3Х2В8 и флюса АН-20
- 3) Проволоки сплошного сечения ЭИ-701 и флюса АН-20

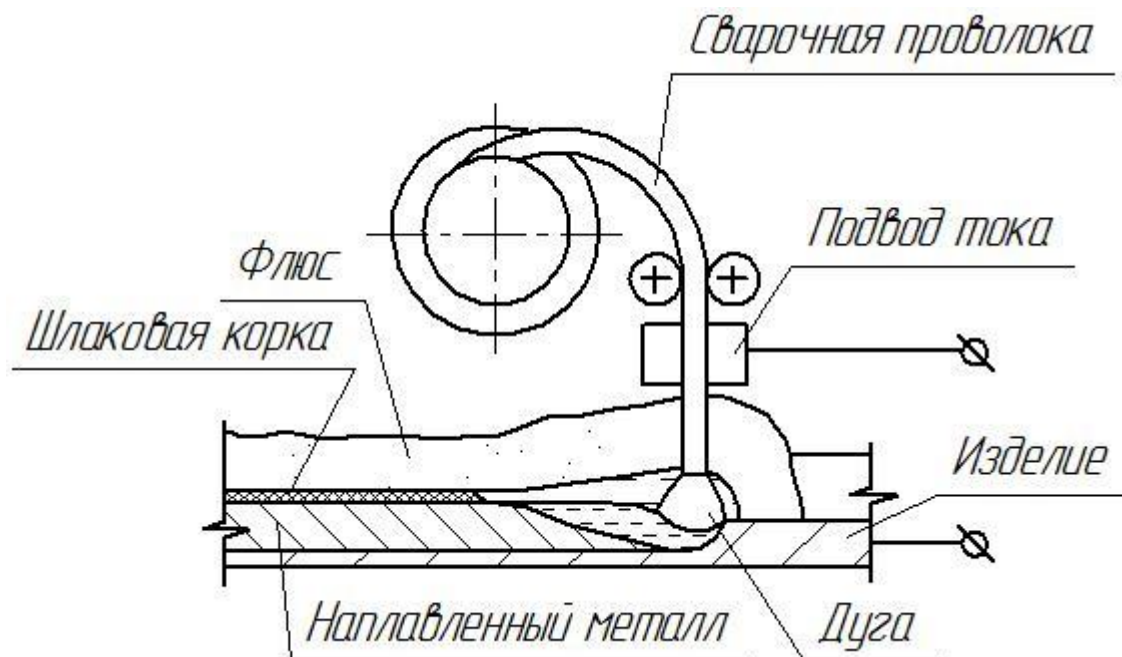


Рисунок 1.6 – Схема осуществления наплавки под флюсом

Плазменно-порошковая наплавка (рис. 1.7) нашла достаточно широкое применение в промышленности [1, 2, 20], начиная с 60-х годов прошлого века. Наиболее хорошие результаты достигаются при использовании самофлюсующихся сплавов на основе никеля или кобальта (таких, как наплавочные сплавы типа N и Q). Данные сплавы обладают высокими антикоррозионными свойствами, износостойкостью и антифрикционными характеристиками, кроме того, несомненным достоинством этих сплавов является их высокая растекаемость по металлу наплаваемого изделия. Основным их недостатком является высокая стоимость, превышающая стоимость сплавов на железной основе в 10...20 раз. Кроме того, никелевые и кобальтовые сплавы не пригодны для ряда деталей (вырубных штампов, роликов рольгангов для транспортировки горячего металла, так как их



разупрочнение наступает при температурах 500...600 °С в зависимости от марки порошка).

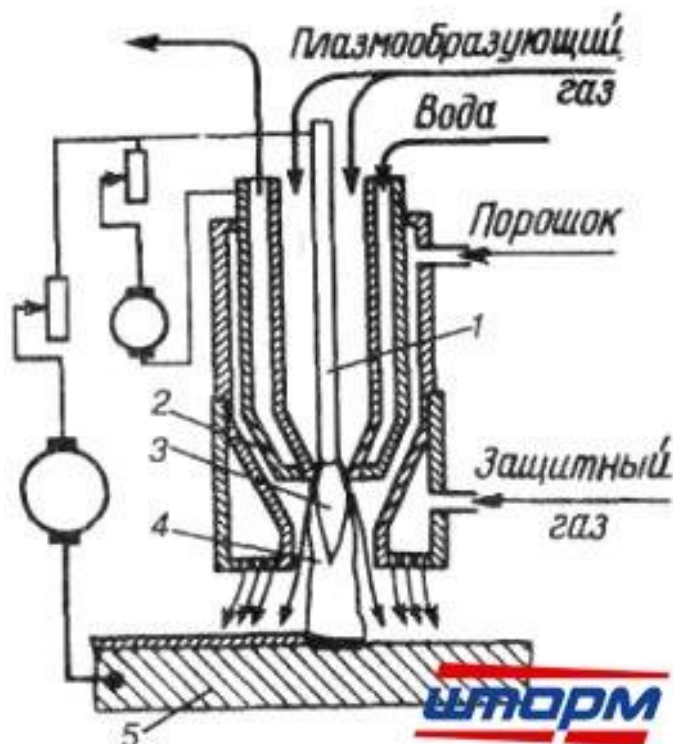


Рисунок 1.7 – Схема восстановительной плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

Восстановление деталей с применением плазменной наплавки позволяет получить существенное сокращение расходов на наплавочные материалы, повышение эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Плазменная наплавка может считаться одним из самых высокоэффективных технологических процессов. Техничo-экономические показатели (себестоимость, долговечность, производительность) плазменной наплавки существенно выше, чем показатели других способов восстановления деталей.

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

## **1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов.

В ходе работы над современным состоянием вопроса восстановительной наплавки штампов были проанализированы материалы, из которых изготавливают штамповую оснастку. Базовая технология восстановления предусматривает применение ручной дуговой наплавки специальными электродами. В числе недостатков базовой технологии следует отметить: малую производительность; низкое качество восстановительной наплавки; плохие условия труда сварщика.

При анализе известных способов восстановительной наплавки штамповой оснастки были рассмотрены: ручная дуговая наплавка, наплавка под слоем флюса, механизированная наплавка в защитных газах, наплавка порошковыми самозащитными проволоками, плазменная наплавка. Принято решение применить плазменную наплавку, которая позволит повысить качество и производительность наплавочных работ и вывести производство на принципиально новый уровень за счёт применения наукоёмких технологий.

Достижение поставленной цели может быть произведено при условии решения следующих задач:

- 1) выполнить обзор и произвести выбор наплавочных материалов;
- 2) разработать технологический процесс восстановительной наплавки штамповой оснастки;
- 3) предложить оборудование для реализации проектной технологии.

## **2 Проектная технология восстановительной плазменной наплавки**

### **2.1 Выбор наплавочного материала**

Плазменно-порошковая наплавка нашла достаточно широкое применение в промышленности [1–4], начиная с 60-х годов прошлого века. Наиболее хорошие результаты достигаются при использовании самофлюсующихся сплавов на основе никеля или кобальта (таких, как наплавочные сплавы типа N и Q [10–12]). Данные сплавы обладают высокими антикоррозионными свойствами, износостойкостью и антифрикционными характеристиками, кроме того, несомненным достоинством этих сплавов является их высокая растекаемость по металлу наплавляемого изделия [1]. Основным их недостатком является высокая стоимость, превышающая стоимость сплавов на железной основе в 10...20 раз. Кроме того, никелевые и кобальтовые сплавы не пригодны для ряда деталей (вырубных штампов, роликов рольгангов для транспортировки горячего металла, так как их разупрочнение наступает при температурах 500...600 °С в зависимости от марки порошка).

Наплавочные материалы на основе железа свободны от данных недостатков, но обладают значительно худшей растекаемостью по наплавляемой поверхности, вследствие чего в наплавленном слое имеются дефекты [1].

На смачивающую способность жидким присадочным материалом основного металла изделия существенное влияние оказывают чистота поверхности изделия и наличие активных элементов-раскислителей в наплавочном материале, в связи с чем весьма перспективным материалом для наплавки является безвольфрамовая быстрорежущая сталь 100X4M5Ф2, содержащая молибден. Высокие характеристики данной стали позволяют применять ее для наплавки штампового инструмента, в т. ч. вырубных

пуансонов и других деталей, подверженных интенсивному износу и воздействию высоких температур. Входящий в состав стали молибден способен восстанавливать оксиды металлов, обеспечивая самофлюсующие свойства жидкому присадочному металлу.

Известно [11], что оксид молибдена, образующийся в результате химической реакции и имеющий температуру кипения 1250 °С, (при температурах, свойственных плазменной наплавке, является газообразным веществом) не остается в зоне наплавки.

Для составления проектной технологии восстановительной плазменной наплавки рассмотрим несколько вариантов наплавочных порошков: вариант 1 – ПР-Х12МФ (табл. 2.1); вариант 2 – ПР-Х12МФ3Т (табл. 2.2); вариант 3 – ПР-10Р6М5 (табл. 2.3); вариант 4 – ПР-Х3ВМФ5С (табл. 2.4). Остановим свой выбор на порошке ПР-Х12МФ, который имеет адекватную цену на рынке и позволяет получить приемлемые свойства наплавленного слоя (рис. 2.1).

Таблица 2.1 – Содержание химических элементов в порошке для плазменной наплавки ПР-Х12МФ

	Fe	C	Cr	Mo	V	Mn	Ni
ПР-Х12МФ	Осн.	1,5	12	0,5	0,3	0,4	0,4

Таблица 2.2 – Содержание химических элементов в порошке для плазменной наплавки ПР-Х12МФ3Т

	Fe	C	Cr	Mo	V	Ti	Mn	Ni
ПР-Х12МФ3Т	Осн.	2,2	12	0,5	3	0,08	0,6	0,4

Таблица 2.3 – Содержание химических элементов в порошке для плазменной наплавки ПР-10Р6М5

	Fe	C	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni
ПР-10Р6М5	Осн.	1	4	6,5	5	2	<0,5	0,55	0,4

Таблица 2.4 – Содержание химических элементов в порошке для плазменной наплавки ПР-ХЗВМФ5С

	Fe	C	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni
ПР-ХЗВМФ5С	Осн.	1,3	3	1,5	1,5	5	0,8	0,5	0,4

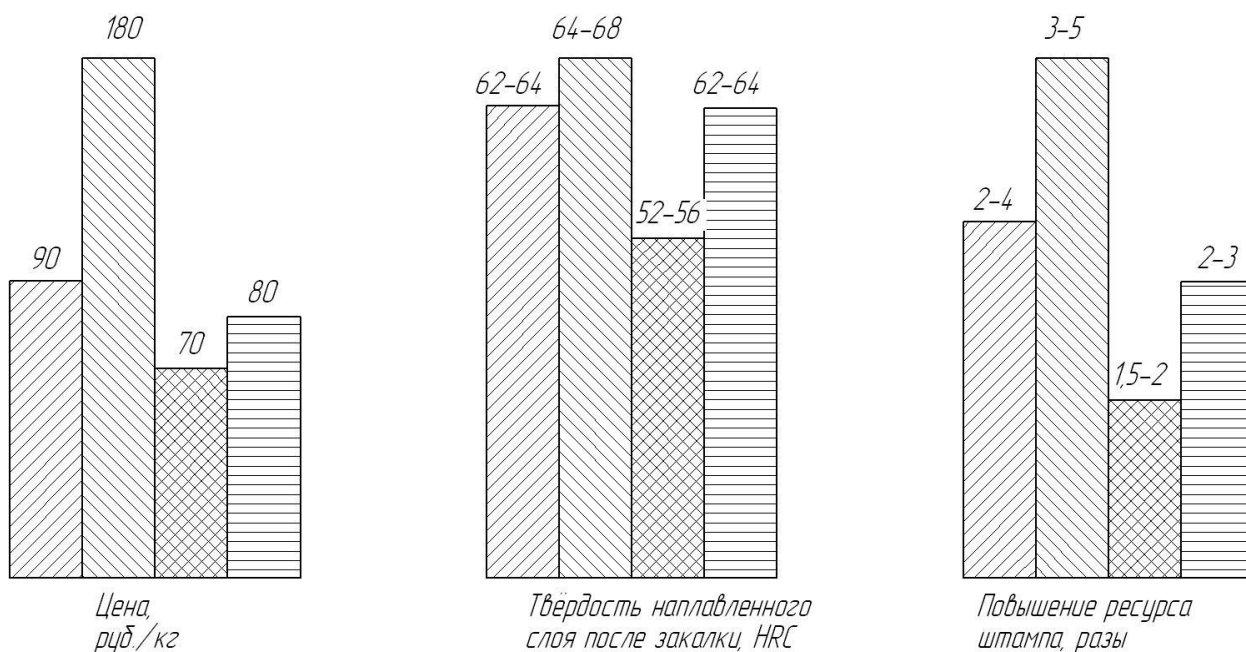


Рисунок 2.1 – Анализ порошков для наплавки

## 2.2 Оборудование для восстановительной плазменной наплавки

Обеспечение чистоты поверхности в процессе плазменной наплавки в среде аргона возможно достигнуть за счет применения постоянного тока обратной полярности [1, 13–16], при применении которого очистка поверхности обеспечивается за счет эффекта катодного распыления, что особенно важно при многослойной наплавке, наплавке с частичным перекрытием валиков – наиболее распространенными технологическими приемами наплавки.

В тоже время, плазмотроны для наплавки на обратной полярности имеют сложную громоздкую конструкцию, при этом рассчитаны на небольшие токи (обычно до 150А) [16], что связано со значительно

большими (по сравнению с плазмотронами для прямой полярности) тепловыми нагрузками на неплавящийся электрод плазмотрона.

Известны также плазмотроны, работающие на переменном токе [17]. При применении переменного тока тепловые нагрузки в неплавящийся электрод плазмотрона значительно выше, чем при постоянном токе прямой полярности, но все же допускают применение неплавящегося электрода стержневого типа, хотя и увеличенного диаметра. Однако применение переменного тока ограничивается сварочными процессами (в основном применительно для соединения легких металлов), где степень сжатия дуги выше, чем при наплавке (соответственно выше температура плазменной дуги и степень ионизации газа в ней). В виду более низкой степени ионизации газа при наплавке при смене полярности тока имеют место значительные бестоковые паузы и дуга становится нестабильной, что приводит к необходимости применения в установке стабилизатора горения дуги. Кроме того, при наплавке на переменном токе смена полярности тока происходит с фиксированной частотой – 50 Гц, что ограничивает технологические возможности процесса наплавки, в связи с чем целесообразно применение разнополярно-импульсного тока для питания плазменной дуги. Такой ток имеет форму импульсов, близкую к прямоугольной, что обеспечивает быстрый переход через ноль, а применение современных силовых транзисторов (в качестве коммутирующих элементов) позволяет сократить длительность паузы между импульсами до нескольких мс, что обеспечивает высокую стабильность горения плазменной дуги. Применение разнополярно-импульсного режима горения плазменной дуги позволяет существенно расширить технологические возможности плазменно-порошковой наплавки.

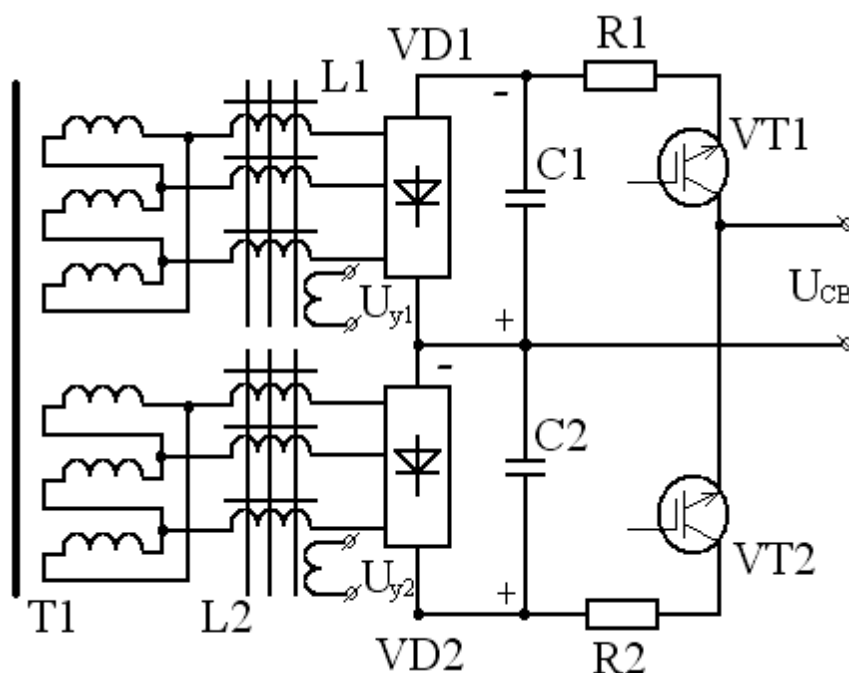
Предлагаемая установка плазменно-порошковой наплавки предназначена для наплавки на разнополярно-импульсном токе, позволяет регулировать частоту разнополярно-импульсного тока в пределах 12...420 Гц и обеспечивает независимую регулировку токов прямой и обратной полярности (рис. 2.2). Установка включает в себя систему автономного

охлаждения плазмотрона антифризом. Силовая часть установки (рис. 2.3) создана на основе силового трансформатора выпрямителя ВДУ-506. Данный трансформатор имеет три пары вторичных обмоток, что позволяет собрать два гальванически развязанных между собой выпрямительных блока.



Рисунок 2.2 – Установка для восстановительной плазменной наплавки TOP-106

Регулировка тока каждой полярности осуществляется дросселями насыщения L1 и L2 (независимо друг от друга). Выпрямительные блоки собраны по схеме Ларионова и имеют на выходе конденсаторы C1 и C2, необходимые для быстрого нарастания тока в начале импульса, что повышает стабильность горения дуги (так как наличие в цепи значительной индуктивности (дросселем насыщения) ухудшает динамические характеристики блоков прямой и обратной полярности). Токоограничивающие резисторы R1 и R2 служат для ограничения тока силовых транзисторов до величины ниже предельной IGBT (при возможных случайных коротких замыканиях в сварочной цепи). В качестве транзисторов VT1 и VT2 использован модуль полумоста, состоящий из двух силовых IGBT-транзисторов.



T1 – силовой трансформатор; L1, L2 – дроссели насыщения; VD1, VD2 – трехфазные мостовые выпрямители; C1, C2 – конденсаторы; R1, R2 – токоограничивающие резисторы; VT1, VT2 – модуль полумостовой на IGBT транзисторах

Рисунок 2.3 - Схема силовой части установки TOP-160

Данная схема установки позволяет изменять в широких пределах длительности импульсов прямой и обратной полярности, частоту их следования и ток дуги при прямой и обратной полярности.

Необходимо отметить, что параметры импульсов токов прямой и обратной полярности (а именно: их длительности и силы токов во время импульсов) зависят от ряда факторов. Так, при обратной полярности тока плазменной дуги нагрев неплавящегося электрода значительно выше, чем при прямой, что вызывает его значительный износ и создает возможность перехода вольфрама в наплавленный металл.

Быстрое разрушение вольфрамового электрода ведет не только к перерасходу дорогостоящего вольфрама, но и к необходимости прерывать процесс наплавки для переточки электрода и его установки в плазмотрон. В тоже время, именно во время импульсов тока обратной полярности имеет место катодная очистка поверхности наплавляемого изделия (таким образом, параметры импульсов токов следует выбирать, исходя из данных критериев).



Немаловажным параметром разнополярно-импульсного режима является его частота, в связи с чем были проведены исследования влияния параметров наплавки на сварочную ванну при одинаковой длительности импульсов тока прямой и обратной полярности.

Известно [18], что при сварке током частотой, близкой к резонансной частоте сварочной ванны, достигается ряд положительных эффектов: уменьшение размеров зерна, выравнивание микроструктуры по сечению шва и др.

При наплавке подобные изменения в металле наплавленного валика особенно важны в случаях, когда изделие после наплавки не подвергается последующей термической обработке (отжигу или закалке). Кроме того, в таких изделиях снижается вероятность образования трещин по оси наплавленного валика. Проведенные по методике [18] расчеты показали зависимость резонансной частоты ванны от ее ширины, то есть от ширины наплавленного валика.

Для удобства выбора режимов наплавки данная зависимость представлена в виде табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Зависимость частоты собственного резонанса жидкой металлической ванны от ее диаметра (ширины наплавленного валика)

Диаметр ванны, мм	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Резонансная частота, Гц	40	45	50	57	66	77	92	112	142

Вычисленные согласно [18] частоты собственного резонанса жидкой металлической ванны являются ориентировочными, однако анализ данных, приведенных в табл. 2.5, позволяет сделать вывод, что частоты резонанса ванн диаметрами 4...12 мм (наиболее характерных для плазменно-порошковой наплавки) значительно превышают частоту переменного тока в 50 Гц. Таким образом, применение переменного тока промышленной частоты

для плазменной наплавки не обеспечит эффекта измельчения зерна и улучшения микроструктуры наплавленного валика.

Следует отметить, что существенное отличие в силах тока прямой и обратной полярности приведет к значительному изменению давления дуги на жидкую металлическую ванну, то есть к увеличению амплитуды колебаний в ней (на частотах, близких или равных частоте резонанса).

Следует отметить, что существенное отличие в силах тока прямой и обратной полярности приведет к значительному изменению давления дуги на жидкую металлическую ванну, то есть к увеличению амплитуды колебаний в ней (на частотах, близких или равных частоте резонанса).

С целью проверки данного предположения производили наплавку порошком ПР-10Р6М5 на образцы из стали 20 толщиной 20 мм на параметрах режима, представленных в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Параметры режима экспериментальной наплавки

№ режима	$V_{н}$ , м/ч	$I_{пр}$ , А	$U_{пр}$ , В	$I_{обр}$ , А	$U_{обр}$ , В	Диаметр ванны, мм	f, Гц
1	16	180	17	-	-	8,2	-
2	16	280	21	80	24	7,2	120

При обоих режимах расход плазмообразующего газа аргона составлял 2,4 л/мин, защитного – 12 л/мин, диаметр сопла – 5,6 мм, расстояние от сопла до изделия – 11 мм.

Наплавленные образцы не подвергались какому-либо виду термообработки, а их микроструктура исследовалась методами металлографии. На рис. 2.4, *а* представлена микроструктура образца, наплавленного в непрерывном режиме на прямой полярности тока плазменной дуги, на рис. 2.4, *б* – микроструктура, полученная при наплавке на разнополярно-импульсном токе.

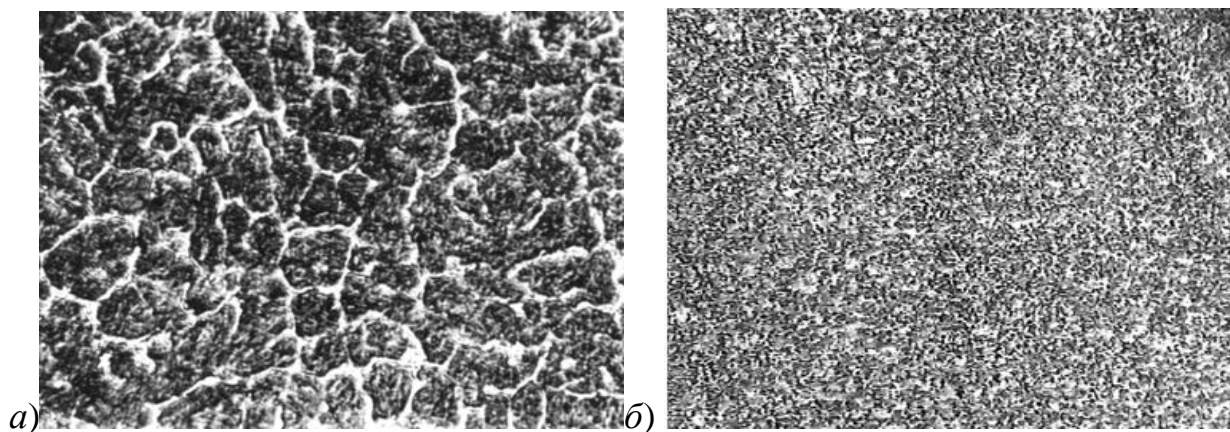


Рисунок 2.4 – Микроструктура наплавленного слоя при плазменно-порошковой наплавке постоянным током прямой полярности (а) и разнополярно-импульсным током (б) (x 400)

Металлографические исследования показали, что количество неметаллических включений в наплавленном металле при применении разнополярно-импульсного тока существенно меньше, чем при применении постоянного тока прямой полярности (рис. 2.5), что связано с эффектом катодной очистки поверхности изделия в моменты следования импульсов обратной полярности.

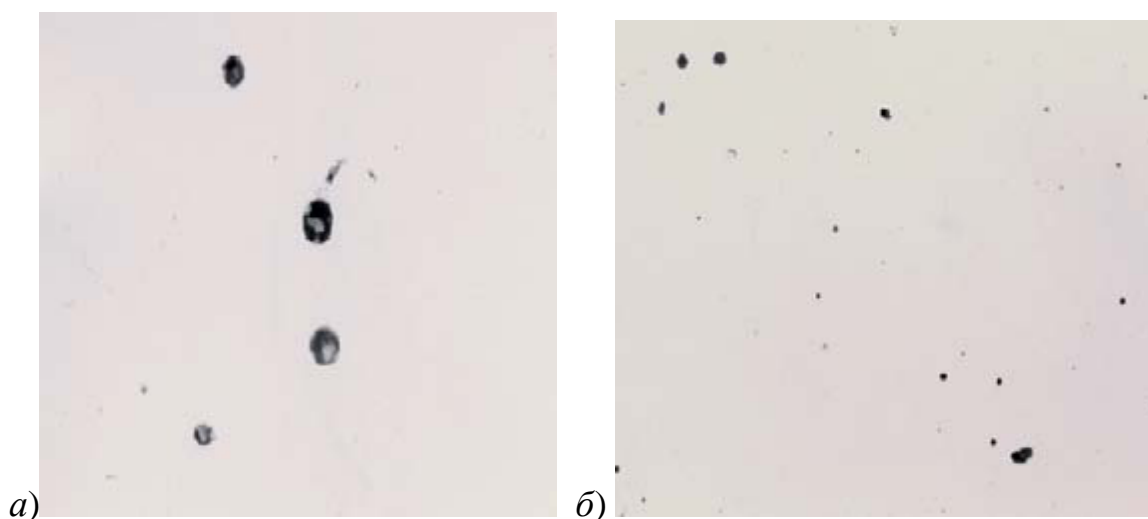


Рисунок 2.5 - Неметаллические включения в наплавленном металле (x 400): а) при плазменно-порошковой наплавке постоянным током прямой полярности; б) при плазменно-порошковой наплавке разнополярно-импульсным током

Производственные испытания показали, что стойкость деталей, наплавленных на разнополярно-импульсном токе, оказалась в среднем на 30 % выше, чем деталей, наплавленных в непрерывном режиме постоянным током прямой полярности. Необходимо отметить, что особенно заметным являлось повышение стойкости наплавленных деталей в случае многослойной наплавки, в связи с тем, что при других методах нанесения многослойного покрытия поверхность наплавленного валика при выходе ее из зоны обдува защитного аргона интенсивно окисляется и при наплавке последующего слоя оксиды попадают в наплавленный металл в значительном количестве. В случае же применения разнополярно-импульсного тока происходит удаление этого слоя оксида.

Визуальным наблюдением за процессом наплавки установлено, что разрушение оксидного слоя происходит весьма интенсивно, при этом крупные части оксидного слоя, отрывающиеся от окисленной поверхности, отскакивают в стороны от оси валика. Такое разрушение наблюдается в зоне, непосредственно расположенной перед плазменной дугой (то есть до плавления основного металла).

Также об эффективности очистки металла от окислов можно судить по образованию вдоль валика (по его краям) полосок блестящего металла, хотя сам наплавленный металл оказывается покрытым слоем оксидов, образовавшихся на его поверхности после выхода нагретого до высокой температуры металла из зоны защиты аргоном. Из-за проявления эффекта катодной очистки наплавленные детали имеют характерный внешний вид.

Последний наплавленный валик покрыт толстым серым слоем оксидов, в то время как предыдущие валики свободны от оксидов, вокруг валиков видны блестящие полоски металла, появившиеся в результате интенсивной катодной очистки.

## 2.3 Описание операций проектного технологического процесса наплавки

Восстановительная наплавка штамповой оснастки включает в себя следующие операции:

- 1) проведение отжига штампов;
- 2) очистку рабочей поверхности штампов;
- 3) подготовку дефектного места;
- 4) проведение предварительного подогрева;
- 5) выполнение наплавки;
- 6) проведение высокого отпуска;
- 7) осуществление предварительного контроля качества;
- 8) механическую и термическую обработку штампа;
- 9) осуществление окончательного контроля качества.

**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.

**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 плазмотрона 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.

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.

**Высокий отпуск** и термическую обработку (закалка и отпуск) производятся по режимам, соответствующим данным маркам стали. Чтобы предохранить рабочую поверхность штампа от окисления, отжиг следует вести в плотно закрытых ящиках. При этом производят предварительную засыпку поверхности штампа 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.

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 наплавке, 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.

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.

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.

### **Заключение по второму разделу**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов.

В разделе решены следующие задачи: 1) выполнить обзор и произвести выбор наплавочных материалов; 2) разработать технологический процесс восстановительной наплавки штамповой оснастки; 3) предложить оборудование для реализации проектной технологии.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает оформление оценочного блока, в котором следует выполнить: 1) анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство; 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.



### 3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

#### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии ремонтной наплавки штампов прессового оборудования. Дуговая наплавка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение плазменной наплавки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

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

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Отжиг	Термист	Электроды	Порошок древесного угля
2. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Установка плазменной резки, резак, линейка металлическая	Ветошь
3. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Электроды	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
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	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

### 3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Отжиг	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Электропечь
2. Подготовка дефектного места	- 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	Установка плазменной резки, резак, линейка металлическая
3. Проведение предварительного подогрева	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Электропечь
4. Наплавка на дефектное место	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Источник питания плазменной установки, плазменная установка

## Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Высокий отпуск	- 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	Электроды
6. Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп

## 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

### Продолжение таблицы 3.3

5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

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

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

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

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

### 3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

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

### **3.6 Заключение по разделу**

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

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

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

## 4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

### 4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии ремонтной наплавки штампов прессового оборудования. Дуговая наплавка штучными электродами, применяемая в качестве базовой технологии, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых требует затрат времени, электрической энергии и сварочных материалов. Проектный вариант технологии предполагает применение плазменной наплавки, которая позволит существенно уменьшить трудовые затраты и повысить качество ремонтной сварки.

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

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	$P_p$		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	300	300
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12



Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м <sup>2</sup>	30	30
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт-з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	300000	800000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	10	10

## Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	4,7	4,7
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

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

$D_p$  – общее число рабочих дней в календарном году;

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

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

$K_{см}$  – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений

соответствующих переменных, получим:

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

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

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где  $B$  – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

### 4.3 Расчет штучного времени

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$t_{\text{шт.баз}} = 8,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 10,2 \text{ ч.}$$

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

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

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

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

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

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

$$П_{\text{г.баз.}} = 2054/10,2 = 201 \text{ ремонтных наплавов за год};$$

$$П_{\text{г.проектн.}} = 2054/6 = 342 \text{ ремонтных наплавов за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы  $П_{\text{г}}=100$  ремонтных наплавов в год.

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

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{\text{г}}}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (4.5)$$

где  $П_{\text{г}}$  – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо наплавить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

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

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

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

$$n_{PACЧ.Б} = \frac{10,2 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,48$$

$$n_{PACЧ.пр} = \frac{6 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,28$$

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

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

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

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

$$Kзб = 0,48/1 = 0,48$$

$$K_{3п} = 0,28/1 = 0,28$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При ремонтной наплавке используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной наплавки штучными электродами. Проектная технология ремонтной сварки предусматривает применение плазменной наплавки. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

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

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

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии получением большого дефектов и необходимостью их исправления. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при сварке базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_B = 240 \cdot 20 \cdot 1,05 = 5040 \text{ руб.}$$

$$M_{ПР} = 90 \cdot 12 \cdot 1,05 + 50 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 1,05 = 1134 + 2835 = 3969 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 300 \cdot 10,2 \cdot 1,88 = 5753 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 300 \cdot 6 \cdot 1,88 = 3384 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 5753 \cdot 12/100 = 690 \text{ рубль},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 3384 \cdot 12/100 = 406 \text{ рублей},$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 5753 + 690 = 6443 \text{ рублей},$$



$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 3384 + 406 = 3790 \text{ рублей.}$$

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

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

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

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

$$O_{\text{сс}_{\text{баз.}}} = 6443 \cdot 34 / 100 = 2191 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс}_{\text{проектн.}}} = 3790 \cdot 34 / 100 = 1289 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

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

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

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

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

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

$$A_{об.б.} = \frac{300000 \cdot 21,5 \cdot 10,2}{2054 \cdot 100} = 320 \text{ рублей,}$$

$$A_{об.пр} = \frac{800000 \cdot 21,5 \cdot 6}{2054 \cdot 100} = 502 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{10 \cdot 10,2 \cdot 4,7}{0,7} = 684 \text{ рублей,}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 4,7}{0,85} = 332 \text{ рублей,}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 320 + 684 = 1004 \text{ руб.,}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 502 + 332 = 834 \text{ руб.}$$

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

$$A_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

где  $Na_{\text{пл}}$  – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{\text{пл}}$  – цена приобретения площадей.

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{плб}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 10,2}{2054 \cdot 100} = 223$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 6}{2054 \cdot 100} = 131$$

Финансовые потери на эксплуатацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{ЭКСПЛ}}$  – расходы на содержание площадей  
 $S$  – площадь, занятая под оборудование.

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

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 30 \cdot 10,2}{2054} = 298$$

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 30 \cdot 6}{2054} = 175$$

Финансовые потери на эксплуатацию и содержание площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$Z_{\text{ПЛ}} = P_{\text{ПЛ}} + A_{\text{ПЛ}}, \quad (4.16)$$

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

$$Z_{\text{ПЛБаз.}} = 223 + 298 = 521 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{ПЛПРОЕКТН.}} = 131 + 175 = 306 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (4.17)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 5040 + 6443 + 2198 + 1004 + 521 = 15206 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3969 + 3790 + 1289 + 834 + 306 = 10188 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 15206 + 1,5 \cdot 5753 = 15206 + 8630 = 23836 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 10188 + 1,5 \cdot 3384 = 10188 + 5076 = 15264 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

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

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

$$C_{ЗАВБаз.} = 23836 + 1,15 \cdot 5753 = 23836 + 6616 = 30452 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 15264 + 1,15 \cdot 3384 = 15264 + 3892 = 19156 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	5040	3969
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	6443	3790
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	2198	1289
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1004	834
5. Объём финансовых затрат на технологические площади	Зпл	521	306
6. Величина технологической себестоимости	Стех	15206	10188
7. Объём цеховых расходов	Рцех	8630	5076
8. Величина цеховой себестоимости	Сцех	23836	15264
9. Объём заводских расходов	Рзав	6616	3892
10. Величина заводской себестоимости	С <sub>ЗАВ</sub>	30452	19156

#### 4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{З.Б.}, \quad (4.20)$$

где  $K_3$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

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

$$\Pi_{\text{ОБ.Б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

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

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

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

После подстановки в формулу (4.20) и (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 106500 \text{ рублей,}$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,48 = 51120 \text{ рублей}$$

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

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}}, \quad (4.22)$$

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.23)$$

После подстановки в формулу (2.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 235200 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.24)$$

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



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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.25)$$

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 300000 \cdot 0,05 = 15000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 800000 \cdot 0,05 = 40000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{СОП}} = 15000 + 40000 = 65000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 235200 + 65000 = 300200 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.27)$$

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

$$K_{\text{ДОП}} = 300200 - 51120 = 249080 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{удБаз.} = 51120/100 = 511 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 300200 /100 = 3002 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение  $\Delta t$  трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{10,2 - 6}{10,2} \cdot 100\% = 41\%$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.30)$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 41}{100 - 41} = 69\%$$

Снижение  $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$  технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

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

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{15206 - 10188}{15206} \cdot 100\% = 33\%$$

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (4.32)$$

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (30452 - 19156) \cdot 100 = 1129600 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (4.33)$$

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{249080}{1129600} = 0,22$$

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

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_r = 1129600 - 0,33 \cdot 249080 = 1047403 \text{ руб.}$$

### **Заключение по экономическому разделу**

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами сопровождается получением дефектов и необходимостью переварки места ремонта. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 41 %, увеличивается производительность труда на 69 %, уменьшается технологическая себестоимость на 33 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,13 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,05 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,22 года.

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

## Заключение

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки штампов.

В ходе работы над современным состоянием вопроса восстановительной наплавки штампов были проанализированы материалы, из которых изготавливают штамповую оснастку. Базовая технология восстановления предусматривает применение ручной дуговой наплавки специальными электродами. В числе недостатков базовой технологии следует отметить: малую производительность; низкое качество восстановительной наплавки; плохие условия труда сварщика.

При анализе известных способов восстановительной наплавки штамповой оснастки были рассмотрены: ручная дуговая наплавка, наплавка под слоем флюса, механизированная наплавка в защитных газах, наплавка порошковыми самозащитными проволоками, плазменная наплавка. Принято решение применить плазменную наплавку, которая позволит повысить качество и производительность наплавочных работ и вывести производство на принципиально новый уровень за счёт применения наукоёмких технологий.

Достижение поставленной цели в выпускной квалификационной работе решены следующие задачи: 1) выполнить обзор и произвести выбор наплавочных материалов; 2) разработать технологический процесс восстановительной наплавки штамповой оснастки; 3) предложить оборудование для реализации проектной технологии.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,05 млн. рублей.

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

## Список используемой литературы

1. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.
2. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переpletчиков, И.А. Рябцев. – К. : Екологія, 2007. – 292 с.
3. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014
4. Рябцев, И.А. Наплавка деталей машин и механизмов. – Киев: Екотехнологія, 2004. – 160 с.
5. Позняк, Л.А. Штамповые стали для холодного деформирования / Л.А. Позняк. – М.: Металлургия, 1966.
6. Романовонский, В.И. Справочник по холодной штамповке / В.И. Романовонский. – М. : Маштиз, 1959.
7. Владимиров, В.М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений / В.М. Владимиров. – М.: Высшая школа, 1974. – 431 с.
8. Старова, Е.П. Малолегированная быстрорежущая сталь с азотом / Е.П. Старова. –М.: Машгиз, 1953. – 58 с.
9. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2012. – 208 с.
10. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б. Е. Патона. – М. : Машиностроение, 1974. – 768 с.
11. Ву Дж Б.С. Износо- и коррозионностойкие сплавы на основе кобальта для наплавки / Б. С. Ву Дж, А. В. Павленко // Автоматическая сварка. – 2004. – № 10. – С. 44–48.
12. Технология плазменно-порошковой наплавки выпускных клапанов двигателей автомобилей «ВАЗ» / С.Р. Анапов, А.В. Коргин, Д.Ю. Копылов, Б.Н. Перевезенцев // Сварочное производство. – 2005. – № 2. – С. 33–40.



13. Данилов, А.И. Плазменная наплавка постоянным током обратной полярности / А. И. Данилов. – Л. : ЛДНТП, 1981. – 20 с.
14. Способ высококачественной наплавки «мягкой» плазменной дугой обратной полярности / Хисаси Сусуму Симота, Сейката Хираку, Дзюн Укои // Есецу гидзюцу. – Welding Technologie. – 1978. – 26. – № 4. – С. 63–69.
15. Астахин, В.И. Плазматрон для сварки и наплавки алюминия / В.И. Астахин // Сварочное производство. – 1978. – № 2. – С. 53–54.
16. Сидоров, А.И. Восстановление алюминиевых поршней тракторных двигателей плазменной наплавкой / А.И. Сидоров, В.И. Астахин, Г.А. Полюшков, В.М. Калашников // Сварочное производство. – 1982. – № 9. – С. 27–28.
17. Дудко, Д.А. Тепловая эффективность процесса сварки плазменной дугой переменного тока / Д.А. Дудко, А.Н. Корниенко // Автоматическая сварка. – 1967. – № 11. – С. 27–30.
18. Андреев, В.В. Особенности дуговой сварки переменным током низкой частоты / В.В. Андреев, Г.М. Москович, А.М. Жерносеков, Л.Г. Шитова // Сварщик. – 2008. – № 6. – С. 19–21.
19. Соломка, Е.А. Восстановительная и упрочняющая наплавка деталей штампового оборудования / Е.А. Соломка, А.И. Лобанов, Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич, А.В. Хилько // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 111–113.
20. Походня, И.К. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. – Киев : Вища школа, 1980. – 231 с.
21. Походня, И.К. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов, И.А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2010. – № 12. – С. 34–42.

22. Шоно, С.А. Плавкость шлаков, образующихся при износостойкой наплавке порошковой проволокой открытой дугой / С.А. Шоно // Автоматическая сварка. – 1974. – № 1. – С. 7–9.

23. Юзвенко, Ю.А. Защита металла при наплавке порошковой проволокой открытой дугой / Ю.А. Юзвенко, Г.А. Кирилук // Автоматическая сварка. – 1974. – № 3. – С. 58–60.

24. Походня И. К. Металлургия дуговой сварки / И. К. Походня. – К. : Наукова думка, 2004. – 430 с.

25. Походня, И.К. Порошковые проволоки для электродуговой сварки : каталог-справочник / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.А. Шлепаков и др. – Киев : Наукова думка, 1980. – 180 с.

26. Походня, И.К. Сварка порошковой проволокой / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – Киев : Наукова думка, 1972. – 224 с.

27. Зареченский, А.В. Особенности плавления порошковых лент с термитными смесями / А.В. Зареченский, Л.К. Лещинский, В.В. Чигарев // Сварочное производство. – 1985. – № 8. – С. 39–41.

28. Иофоре, И.С. Влияние титано-термитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки / И.С. Иофоре, О.М. Кузнецов, В.М. Питецкий // Сварочное производство. – 1980. – № 3.

29. Малаховский, В.А. Плазменные процессы в сварочном производстве / В.А. Малаховский. - М.: Высшая школа, 1988. - 72 с.