

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 и упрочнения ножей
для поперечной резки металла

Студент

А.А. Дорофеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Эффективность технологических процессов при обработке металлов давлением и резанием существенно ограничивается малой стойкостью рабочего инструмента, которая определяется свойствами металла инструмента и условиями работы инструмента.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления и упрочнения ножей для поперечной резки металла.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обосновать выбор способа наплавки рассматриваемого изделия;
- составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- предложить оборудование для реализации проектной технологии;
- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной наплавки ножей для поперечной резки металла.

Анализ возможных способов сварки восстановления деталей машин типа позволил обосновать выбор плазменной наплавки как основного способа при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология восстановления ножей для поперечной резки металла, назначены параметры и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 2,03 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние вопроса восстановительной наплавки ножей для поперечной резки металла	7
1.1 Описание изделия и условий его работы.	7
1.2 Сведения о материале изготовления ножей.	9
1.3 Базовая технология наплавки ножей	11
1.4 Предварительный анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановления рассматриваемых деталей ..	12
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	13
2 Проектная технология восстановительной наплавки ножей.	15
2.1 Обоснование направления научных исследований.	15
2.2 Анализ эффективности ручной дуговой наплавки	15
2.3 Анализ эффективности наплавки самозащитными порошковыми проволоками	18
2.4 Анализ эффективности механизированной наплавки в среде защитных газов	20
2.5 Анализ эффективности наплавки под флюсом.	21
2.6 Анализ эффективности плазменной наплавки	23
2.7 Выбор наплавочного материала	24
2.8 Устройство для плазменной наплавки.	26
2.9 Описание операций технологического процесса восстановительной плазменной наплавки ножей	29
3 Безопасность и экологичность проектно-технологического процесса	33
3.1 Технологическая характеристика объекта	33
3.2 Идентификация профессиональных рисков	34
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	36

3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности	40
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	42
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	47
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	52
4.6 Показатели экономической эффективности.	54
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников	58

Введение

В числе первоочередных задач, решение которых насущно для российской промышленности, следует выделить повышение ресурса деталей машин и аппаратов. В значительной мере рентабельность эксплуатации сложного технологического оборудования определяется долговечностью его быстроизнашивающихся элементов. Вследствие повышения интенсивности обработки заготовок в различных отраслях промышленности ужесточаются режимы обработки: повышаются рабочие температуры, давления, скорости обрабатывания. Это в свою очередь вызывает увеличение скорости износа и делает более острой проблему реновации деталей машин и аппаратов.

В числе перспективных направлений обеспечения ресурсосбережения и импортозамещения современного производства следует указать повышение эффективности восстановительной наплавки за счёт разработки новых наплавочных материалов и внедрения наукоёмких технологий [16], [17].

Новые наплавочные материалы могут быть предложены на основе экономнолегированных сталей, которые при относительно малой стоимости наплавочного материала позволяют существенно повысить служебные свойства восстанавливаемых деталей машин. При этом в качестве основы для разработки таких материалов могут быть использованы могут быть использованы стали аустенитно-карбидного, мартенситного, мартенситно-аустенитного и других классов. Эти стали имеют систему легирования из недефицитных и относительно недорогих элементов: ванадий, марганец, кремний, хром. Различное сочетание и соотношение этих элементов в стали позволяет добиваться получения разнообразных полезных свойств [13].

Эффективность технологических процессов при обработке металлов давлением и резанием существенно ограничивается малой стойкостью рабочего инструмента, которая определяется свойствами металла инструмента и условиями работы инструмента [10]

На стойкость инструмента при холодном и горячем деформировании и резке металла существенно влияют температура работы инструмента и характер взаимодействия «металл - инструмент». Применение дисперсионно-упрочняемых составов позволяет получать необходимые эксплуатационные свойства восстанавливаемого инструмента. При наплавке сталей штамповых сталей в них не происходит перлитного преобразования, а сама структура после наплавки является мартенситной с незначительными вкраплениями аустенита.

При ремонте металлических конструкций широкое применение получила ручная дуговая наплавка штучными электродами, которая сопровождается получением большого числа дефектов. Исправление этих дефектов требует привлечения дополнительных трудозатрат

Практический опыт по реновации деталей машин позволяет установить, что дефекты наплавки возникают в случае нарушения заданных параметров режима наплавки, недостаточно качественно проведенной подготовки поверхности деталей под наплавку, неправильный выбор технологии наплавки и наплавочных материалов [5], [18], [26], [28].

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

На основании вышеизложенного следует признать актуальность темы выпускной квалификационной работы и поставленной в ней цели – повышение эффективности восстановления и упрочнения ножей для поперечной резки металла.

В большинстве случаев ножи для резки металла включают в себя комплект из верхнего и нижнего ножей, совместная работа которых происходит по типу ножниц. По типу привода гильотинные ножи могут быть классифицированы как: ручные (применение которых целесообразно при резке металла малой толщины в условиях штучного и мелкосерийного производства), механические (применение которых целесообразно при резке металлов средней толщины в условиях мелкосерийного и крупносерийного производства), пневмомеханические и электромеханические (для массового производства), гидравлические (для больших разрезаемых толщин).

Наиболее широкое применение получили ножи гидравлического типа, которые обладают простотой в использовании и позволяют достигать высокой точности реза заготовок.

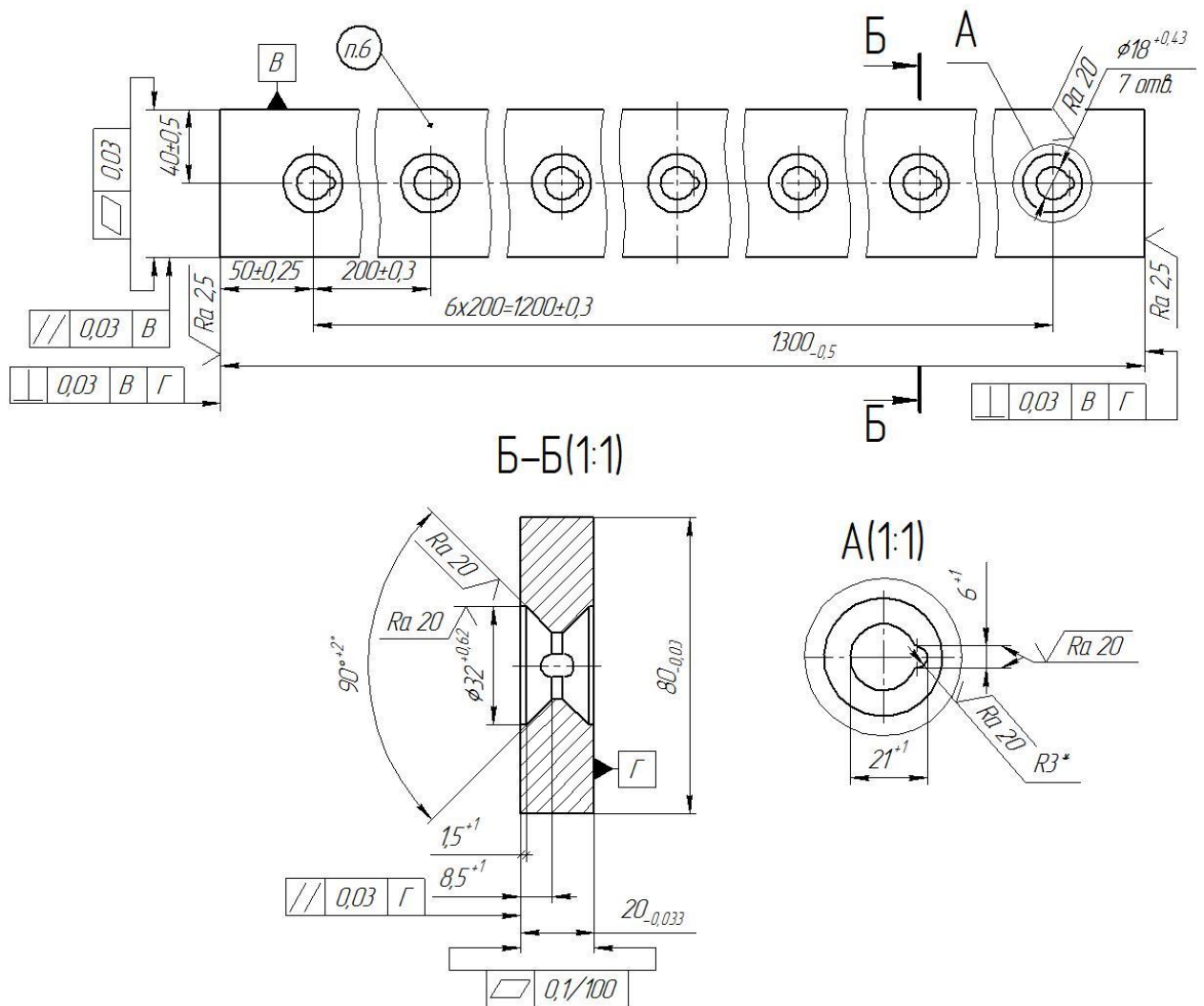


Рисунок 2 – Нож нижний

Применение ножей возможно как при холодной, так и при горячей резке металла. Работа рассматриваемых ножей для поперечной резки металла происходит при температуре разрезаемого листа 500...600 °С. При этом условия работы ножей характеризуются динамическими нагрузками. Комплект ножей включает в себя два ножа верхних и два ножа нижних.

Длина ножей составляет 1300 мм, толщина ножей составляет 20 мм, ширина ножей составляет 80 мм.

1.2 Сведения о материале изготовления ножей

Плоские гильотинные ножи изготавливают из специальных сталей: 6ХС, 8ХФ, 9ХС, 5ХВ2С, 5ХНВС, 6ХВ2С, Х12М. После придания лезвию ножа необходимой формы следует выполнить его термическую обработку. В ходе термической обработки режущей поверхности ножей придаётся необходимая твёрдость и прочность. Если нож используется для холодной резки металла, то он имеет твёрдость 52...58 НРС. Если нож предназначен для горячей резки металла, то его твёрдость составляет 42...50 НРС.

Высокохромисткая сталь Х12М характеризуется значительными прокаливаемостью и износостойкостью. Эта сталь нашла применение при изготовлении крупногабаритных инструментов, имеющих сложную форму и работающих в условиях динамических нагрузок при повышенных температурах: штампы чеканные, отрезные, вырубные; накатные ролики, ножи гильотин и т.д. Содержание химических элементов в стали Х12М представлено в таблице 1.

В значительной степени на структуру и свойства стали Х12М влияют параметры термической обработки. Повышение температуры закалки увеличивает растворимость карбидов и концентрацию в аустените таких элементов, как хром и углерод.

При изготовлении сварных конструкций сталь Х12М из-за плохой свариваемости не применяется. При восстановлении деталей машин могут

применяться наплавочные материалы, дающие в наплавленном слое структуру стали X12M.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали X12M

C	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

При наплавке стали X12M возникают трудности, обусловленные высоким содержанием в ней углерода. В частности, высока вероятность образования холодных и горячих трещин в наплавленном слое и основном металле. Предварительный подогрев детали до температур 400...550 °С и последующее замедленное охлаждение позволяют успешно проводить борьбу с холодными трещинами. Но опасность возникновения горячих трещин сохраняется.

Горячие трещины в стали X12M возникают в основном из-за выделяющихся при кристаллизации карбидных эвтектик, которые имеют малую температуру плавления. Однако, при увеличении содержания в стали углерода более 1,5 % горячие трещины уже не возникают. Причиной этого является увеличение количество образующейся легкоплавкой эвтектики, это делает возможным свободное её перемещение между дендритами и способность «залечивать» образующиеся горячие трещины [27].

Наплавленной слой при наплавке стали X12M обладает относительно малой твёрдостью, составляющей 40...44 HRC, что объясняется значительным количеством остаточного аустенита в структуре наплавленного металла. Чтобы обеспечить возможность механической обработки изделия после наплавки, выполняют его отжиг по изотермическому циклу с температурой нагрева 870...900 °С и последующей выдержкой в течение 1...2 часов, охлаждением вместе с печью до температуры 700 °С и выдержкой 5...8 часов. После такого отжига твёрдость наплавленного слоя уменьшается до 25...29 HRC, что делает возможным

механическую обработку изделия. Увеличение твёрдости до 55...60 HRC достигается применением высокого отпуска, температура нагрева при котором составляет 500...550 °С.

1.3 Базовая технология наплавки ножей

Для восстановления изношенной поверхности ножей применяется ручная дуговая наплавка специальными электродами. При восстановительной наплавке могут применяться электроды трёх групп.

К первой группе следует отнести электроды марок ЦМ-4, ЭН-60М, ОЗШ-1, применение которых позволяет получить наплавленный слой, сохраняющий износостойкость при нагреве до температуры 400 °С.

Ко второй группе относятся электроды марок ЭШГ, Ш-1, УОНИ-13/НЖ, ЦМ-5, использование которых при наплавке позволяет получить наплавленный слой, имеющий способность к самозакаливанию. Этот слой имеет мартенситную структуру и сохраняет свои свойства при нагреве 400...500 °С.

Третью группу составляют электроды марок К-53, ОЗИ-3, ЦМ-1М, легированные вольфрамом и молибденом. Использование этих электродов позволяет получить наплавленный слой, по составу близкий к быстрорежущим сталям.

Так как восстанавливаемые детали имеют протяжённую форму, для проведения восстановительной наплавки применяют электроды ОЗИ-3.

При наплавке применяются электроды диаметром 3 или 4 мм. При использовании электродов диаметром 3 мм принимают токи наплавки 80...100 А. При использовании электродов диаметром 4 мм принимают токи наплавки 120...160 А. наплавку ведёт постоянным током обратной полярности. Техника наплавки – наплавку ведут в нижнем положении предельно короткой дугой.

1.4 Предварительный анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановления рассматриваемых деталей

В сети ИНТЕРНЕТ провели поиск источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки деталей из стали Х12М, работа которых происходит в условиях динамических нагрузок и повышенных температур.

Для поиска использовали ключевые слова «восстановление и упрочнение», «наплавка», «горячая резка металла», «журнал Автоматическая сварка», «журнал Сварочное производство», «диссертация», «научная статья».

В первой работе [3] показана возможность повышения эффективности ручной дуговой наплавки за счёт применения экзотермической смеси в обмазке электрода. При этом увеличивается коэффициент наплавки, скорость плавления электродов и качество наплавленного слоя.

Вторая работа [8] посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки под флюсом. Изучено влияние параметров режима наплавки на проплавление. Предложены математические модели для описание процесса нагрева при наплавке с использованием неподвижного и движущегося электрода. Разработано программное обеспечение и система управления наплавочным оборудованием.

Третья работа [15] посвящена повышению эффективности наплавки в среде защитных газов. Предложено применять импульсную подачу наплавочной проволоки, что позволяет управлять глубиной проплавления и успешно бороться с разбрызгиванием электродного металла. На основании проведённых экспериментов установлен диапазон оптимальных параметров режима наплавки.

Четвёртая работа [14] посвящена повышению эффективности плазменной наплавки. Предложена компактная установка для восстановления деталей машин с использованием плазменно-порошковой

наплавки разнополярными импульсами тока, которая позволяет получать высокие эксплуатационные свойства наплавленного слоя при малой себестоимости.

Пятая работа [2] посвящена повышению эффективности наплавки режущего и штампового инструмента с применением наплавки самозащитными порошковыми проволоками. Предложена проволока ПП-Х2ГСВ2Ф, позволяющая получать наплавленный металл состава 100Х4М5Ф2. При этом шихта данной проволоки не содержит дорогих и дефицитных веществ.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение эффективности восстановления и упрочнения ножей для поперечной резки металла.

Базовая технология восстановительной наплавки происходит с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами.

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

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

Предварительный анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки деталей из стали Х12М позволил

установить, что для восстановления рассматриваемой детали могут успешно применяться следующие способы:

- ручная дуговая наплавка,
- наплавка самозащитными порошковыми проволоками,
- механизированная наплавка в среде защитного газа,
- наплавка под флюсом,
- плазменная наплавка.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы [7], последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- обосновать выбор способа наплавки рассматриваемого изделия;
- составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- предложить оборудование для реализации проектной технологии;
- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной наплавки ножей для поперечной резки металла.

Решение первой, второй и третьей задач будет выполнено во втором разделе настоящей выпускной квалификационной работы. Решение четвертой и пятой задач – соответственно в третьем и четвертом разделах выпускной квалификационной работы при выполнении оценочного блока.

2 Проектная технология восстановительной наплавки ножей

2.1 Обоснование направления научных исследований

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение эффективности технологических процессов восстановления и упрочнения ножей для поперечной резки металла. Достижение поставленной цели должно основываться на современных разработках в области восстановления и в конечном итоге предполагает построение проектной технологии восстановительной наплавки.

Для построения проектной технологии восстановительной наплавки ножей для поперечно резки металла необходимо выполнить литературные исследования в области современных технологий восстановления деталей машин и аппаратов. Ранее был выполнен предварительный обзор научно-технической информации по теме исследования, в ходе которого возможными способами признаны следующие: ручная дуговая наплавка, наплавка самозащитными порошковыми проволоками, механизированная наплавка в среде защитного газа, наплавка под флюсом, плазменная наплавка. Для обоснования выбора способа восстановительной наплавки необходимо выполнить поиск и анализ источников научно-технической информации по эффективности каждого способа наплавки и вариантам повышения этой эффективности применительно к рассматриваемому изделию.

2.2 Анализ эффективности ручной дуговой наплавки

Ручная дуговая наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 3, широко распространена при восстановлении деталей машин благодаря своим преимуществам. Это наиболее универсальный способ, который может быть применён для восстановления деталей различных форм

и из различных материалов. Ручная дуговая наплавка «может выполняться в различных пространственных положениях. Используются электроды диаметром 3...6 мм. Для того, чтобы обеспечить минимальное проплавление и сохранить устойчивость дуги, плотность тока должна быть 11...12 А/мм. Ручную дуговую наплавку можно вести как обычными электродами для дуговой сварки, так и специальными наплавочными электродами.

Ручная дуговая наплавка осуществляется стандартным сварочным оборудованием, специальной организации поста не требуется» [18]. Процесс наплавки может быть начат практически сразу после разработки соответствующей технологии с применением имеющегося на предприятии оборудования.

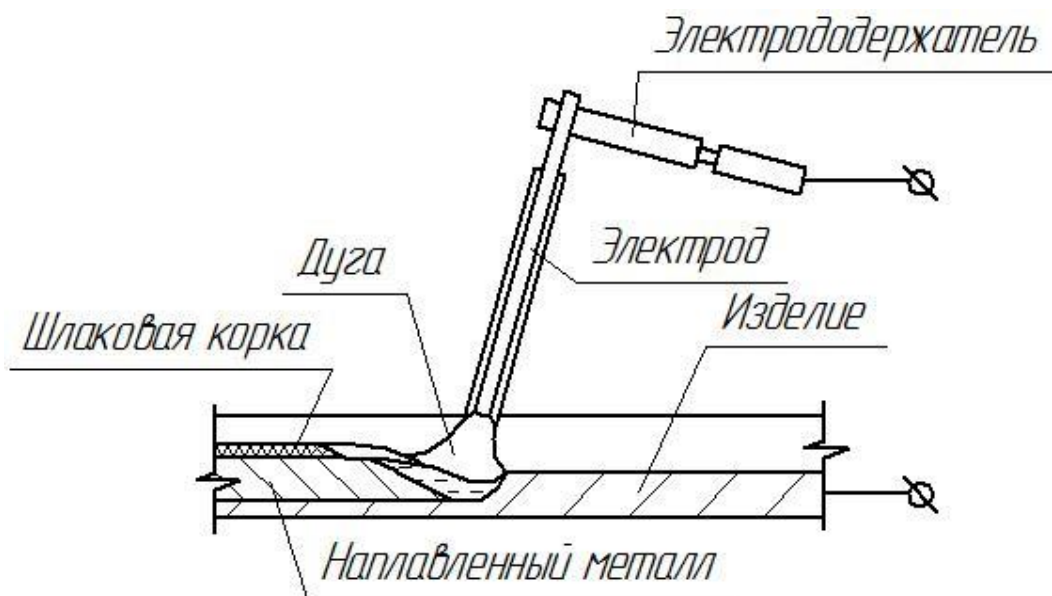


Рисунок 3 – Схема дуговой наплавки штучными электродами

Повышение эффективности ручной дуговой наплавки лежит в области разработки новых наплавочных материалов [3]. Выбор наплавочного материала является сложной задачей, от решения которой зависит успешность применения технологии восстановления детали. Выбор наплавочного материала должен выполняться с учётом условий эксплуатации, в частности, ведущего вида износа при эксплуатации, которому необходимо уделить основное внимание, как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов, свойства и назначение различных типов наплавленного металла [3]

Группа, тип	Химический состав	Структура, твёрдость	Назначение
1. Хромо-вольфрамовые, хромомолибденовые и другие теплостойкие инструментальные стали	C = 0,2...0,5, Si ≤ 1,0, Ni ≤ 5,0, V = 0,2...1,5, Mn ≤ 0,2, Cr = 1,0...5,0, W = 1,0...10,0, Mo ≤ 1,0	Мартенсит, остаточный аустенит и карбиды 52...60 HRC	Наплавка деталей металлургического оборудования, работающего в условиях циклических теплосмен, переменных силовых нагрузок (валки горячей прокатки, ножи горячей резки, штампы горячей штамповки, ролики рольгангов)
2. Нелегированные и низколегированные стали, > 0,4 % C	C > 0,4, Si ≤ 1,0, Ni ≤ 3,0, Mn = 0,5...3,0, Cr ≤ 3,0, Mo ≤ 1,0	Мартенсит, остаточный аустенит, игольчатый троостит и карбиды 52...60 HRC	Наплавка деталей металлургического оборудования, работающего в условиях циклических теплосмен, переменных силовых нагрузок (валки горячей прокатки, ножи горячей резки, штампы горячей штамповки, ролики рольгангов)

Производительность ручной дуговой наплавки может быть повышена при использовании эффекта экзотермической реакции, для прохождения которой в обмазку электрода вводятся элементы-окислители (марганцевая руда, гематит) и элементы-раскислители (алюминиевый порошок, ферротитан, ферросилдиций). При нагреве и плавлении этих веществ протекает химическая реакция с выделением большого количества тепла, которое расплавляет металлический стержень электрода [4], [9].

Выбор электрода для ручной дуговой наплавки производится с учётом технологии наплавки и условий работы наплавленного металла. Эксплуатационные свойства наплавленного металла в значительной степени зависят от температуры предварительного подогрева, параметров режима

способа ведения электрода, погонной энергии, условий охлаждения наплавленного металла. Вследствие этого наплавка одними и теми же электродами позволяет получать наплавленный металл с различными свойствами.

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

2.3 Анализ эффективности наплавки самозащитными порошковыми проволоками

Наплавка самозащитными порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 4, сочетает в себе преимущества ручной дуговой наплавки и наплавки в защитных газах. Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [25], [29]. Внешний вид наплавленного валика представлен на рисунке 5, а макрошлиф – на рисунке 6.

Газовая защита сварочной ванны, расплавленного электродного металла и перегретого металла обеспечивается благодаря вводимым в состав шихты карбонатам (кальцинированная сода, мрамор, магнезит) или органическим компонентам. В сердечнике большинства проволок содержится плавиковый шпат, улучшающий рафинирование наплавленного металла и повышающий жидкотекучесть шлака [23], [24], [30], [31]. Существуют самозащитные проволоки, например ПП-Х2ГСВ2Ф, которые разработаны специально для наплавки режущего инструмента [2].

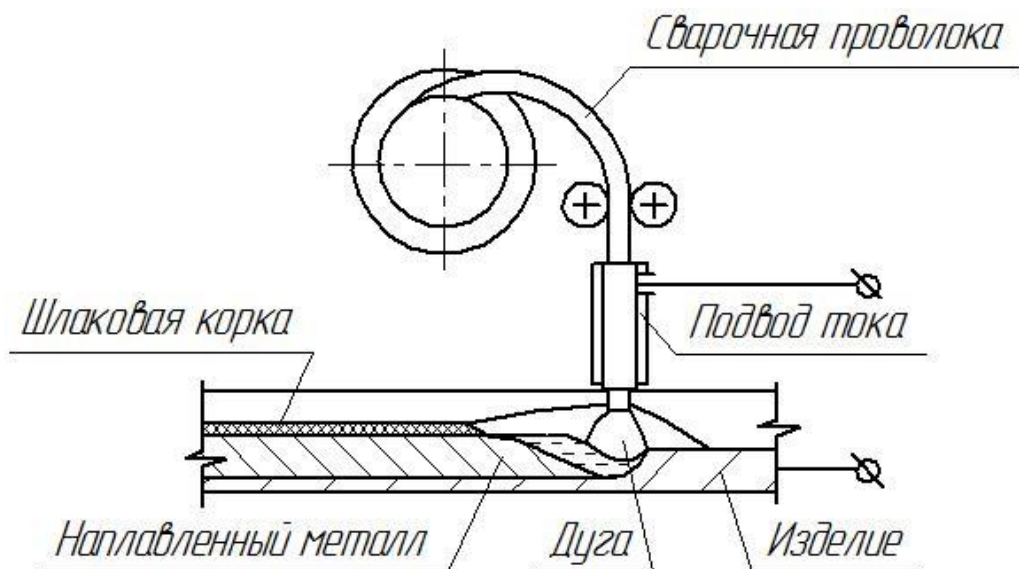


Рисунок 4 – Схема наплавки порошковой проволокой

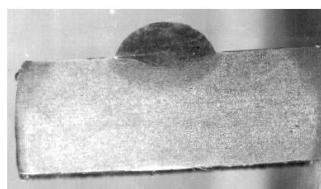


а)

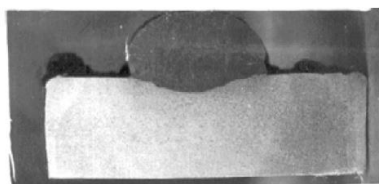


б)

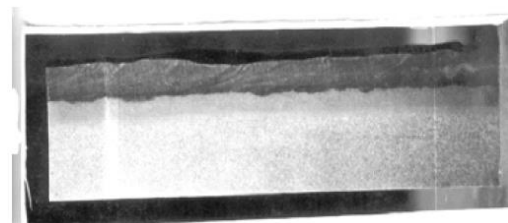
Рисунок 5 – Внешний вид наплавленного валика (а) и шлаковой корки (б) при наплавке порошковой проволокой ПП-Х2ГСВ2Ф



а)



б)



в)

Рисунок 6 – Вид макрошлифов при однослойной и многослойной наплавке:
а) однослойный валик; б) многослойный валик; в) продольный многослойный валик

Недостатками наплавки самозащитной порошковой проволокой являются:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва;
- высокая стоимость порошковой проволоки;
- сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений;
- необходимость борьбы с заломы сварочной проволоки из-за её излишней мягкости,
- неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

2.4 Анализ эффективности механизированной наплавки в среде защитных газов

Механизированная наплавка в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, является самым технологичным и универсальным способом, который позволяет проводить наплавку большинства материалов в различных пространственных положениях [12], [23], [25].

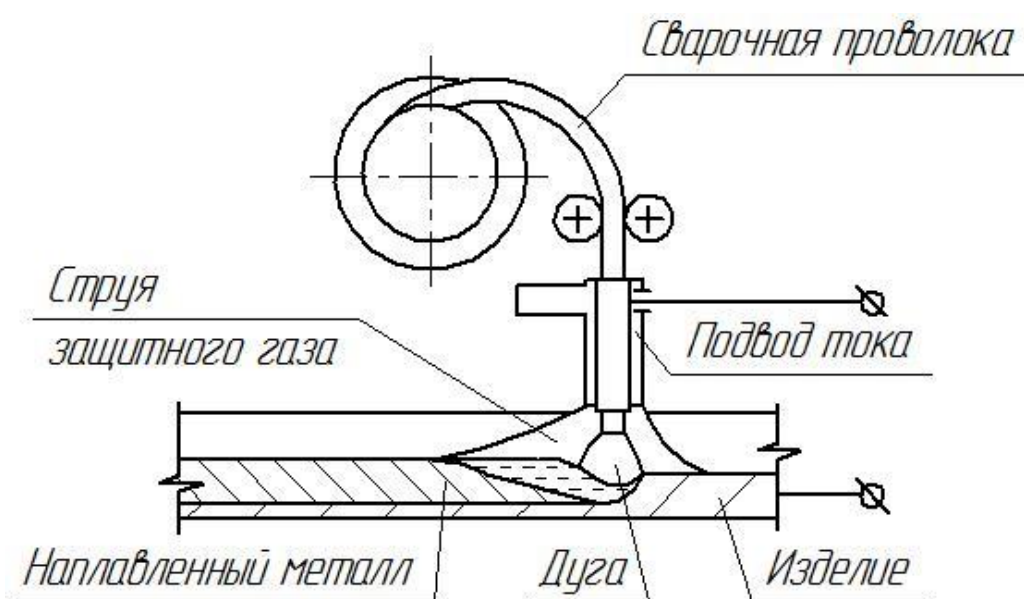


Рисунок 7 – Схема наплавки в защитных газах

Применяемый для защиты сварочной ванны и наплавляемого металла углекислый газ имеет относительно малую стоимость и широкую доступность. Обычно для такой наплавки применяется постоянный ток обратной полярности. При использовании в качестве защитного газа углекислоты происходит окисление расплавленного металла, поэтому в наплавочную проволоку необходимо вводить раскислители (кремний и марганец).

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

Исследования в области повышения эффективности наплавки в защитных газах ведутся в направлении разработки компьютеризированных электроприводов подачи наплавочной проволоки [20]. Вторым направлением исследований является управление горением дуги и переносом электродного металла [15], [16], [32]. В качестве третьего направления можно выделить разработку новых наплавочных материалов [17], [21], [22].

2.5 Анализ эффективности наплавки под флюсом

При наплавке под флюсом, схема которой представлена на рисунке 8, в результате нагрева от горячей между изделием и проволокой сварочной дуги образуется ванна расплавленного металла, которая защищается слоем шлака (расплавленного флюса). Этот слой не только обеспечивает газовую защиту расплавленного и перегретого металла от воздействия воздуха, но и устраняет разбрызгивание, повышает эффективность нагрева металла от сварочной дуги.

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

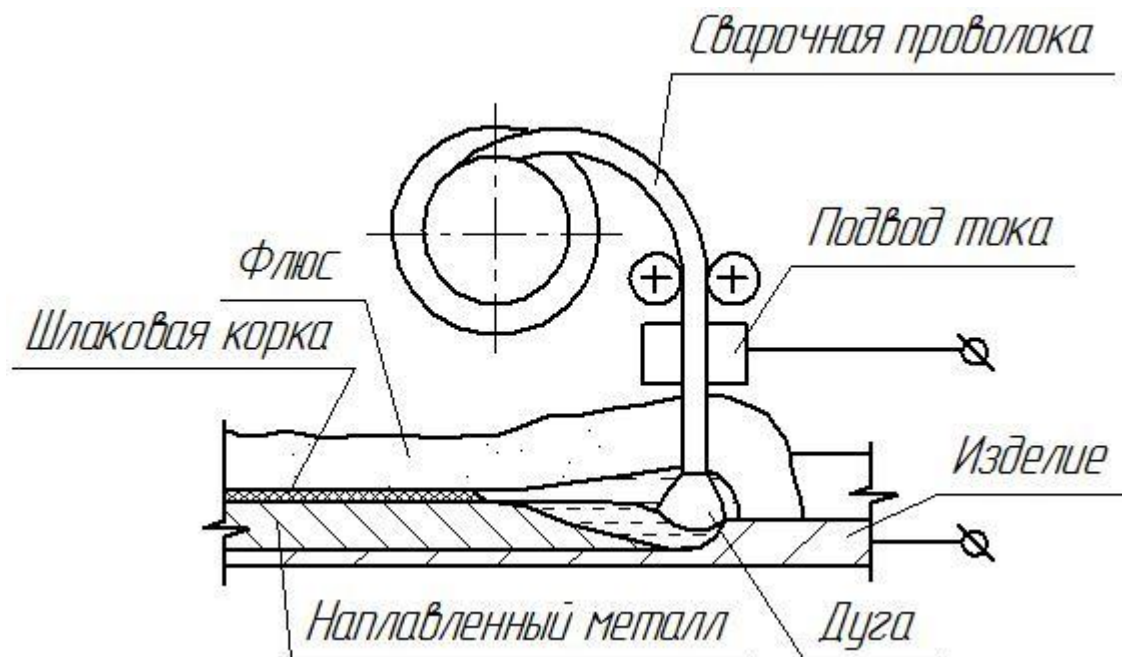


Рисунок 8 – Схема осуществления наплавки под флюсом

Получение стального качества наплавленного металла и высоких эксплуатационных свойств достигается при регулировании процесса с использованием современных достижений в области построения систем управления сваркой. В настоящий момент нашли применение наплавка проволочным [2] и ленточным [31] электродами.

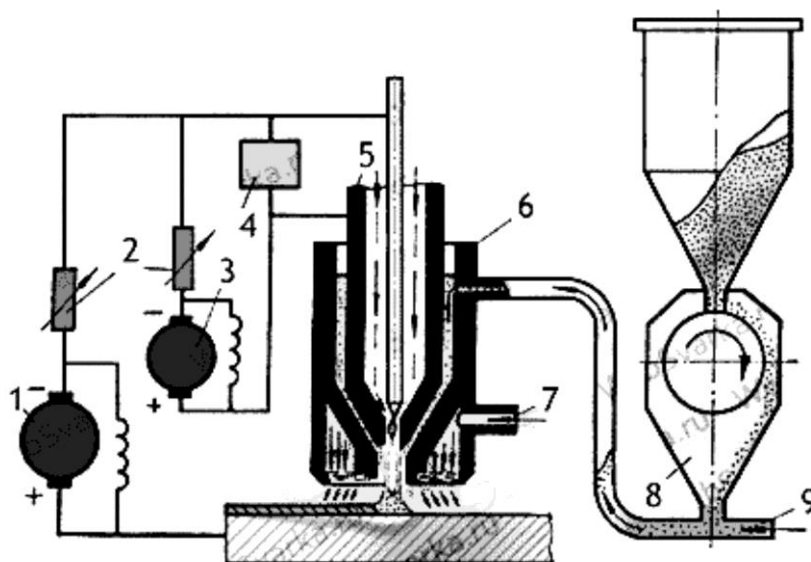
Применение наплавки под флюсом позволит существенно повысить производительность наплавочных работ. Также следует отметить высокое и стабильное качество наплавленного металла. При наплавке под флюсом улучшаются условия труда сварщика.

Повышение производительности наплавки под флюсом происходит благодаря непрерывности процесса и увеличению силы тока дуги. Однако следует учитывать, что повышение мощности дуги приводит также к

увеличению глубины проплавления основного металла и доли основного металла в наплавленном слое. Поскольку в рассматриваемом случае выполняется наплавка износостойкими сплавами, это является крайне нежелательным.

2.6 Анализ эффективности плазменной наплавки

Анализ технологичности различных способов наплавки деталей машин показывает, что плазменная наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, обладает большей эффективностью по сравнению с наплавкой в углекислом газе и вихредуговая наплавка. Этот способ восстановления обладает большим коэффициентом долговечности и минимальной стоимостью нанесения покрытий. «Плазменная наплавка с внесением порошка в плазменную струю характеризуется значительной производительностью наплавки, которая может достигать 6 кг/час.



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

Рисунок 9 – Схема плазменной наплавки

Также применение плазменной наплавки позволяет существенно снизить потребление наплавочного порошка по сравнению с другими способами восстановления деталей машин» [19]. Кроме того, при плазменной наплавке помимо дорогостоящих порошков на основе никеля и кобальта могут применяться существенно более дешёвые порошки на основе железа.

Необходимо также отметить, что применение плазменной наплавки порошками особенно эффективно при малой толщине наплавляемого слоя. Перечисленные преимущества плазменной наплавки «не только существенно расширяют технологические возможности их применения, но и позволяют получать значительный экономический эффект за счет наплавки слоев с минимальной глубиной проплавления и сохранения, первоначальных физико-механических свойств при меньшем количестве наплавочного металла: изготовление деталей из низкоуглеродистых сталей с поверхностями, упрочненными твердыми сплавами, вместо дорогих легированных сталей, применение износостойких порошковых сплавов, повышающих срок службы наплавленных деталей, уменьшения припуска на механическую обработку» [19].

2.7 Выбор наплавочного материала

Проектная технология плазменной наплавки ножей для поперечной резки металла предусматривает в качестве расходных материалов использование защитного газа и наплавочного порошка. Наплавочный порошок подают в сжатую дугу. Применительно к рассматриваемому изделию рассмотрено четыре наплавочных порошка: ПР-Х12МФ, ПР-Х12МФ3Т, ПР-10Р6М5 и ПР-Х3ВМФ5С.

Состав порошка ПР-Х12МФ приведён в таблице 3. Состав порошка ПР-Х12МФ3Т приведён в таблице 4. Состав порошка ПР-10Р6М5 приведён в таблице 5. Состав порошка ПР-Х3ВМФ5С приведён в таблице 6, порошка ПР-Х3ВМФ5С – в таблице 7.

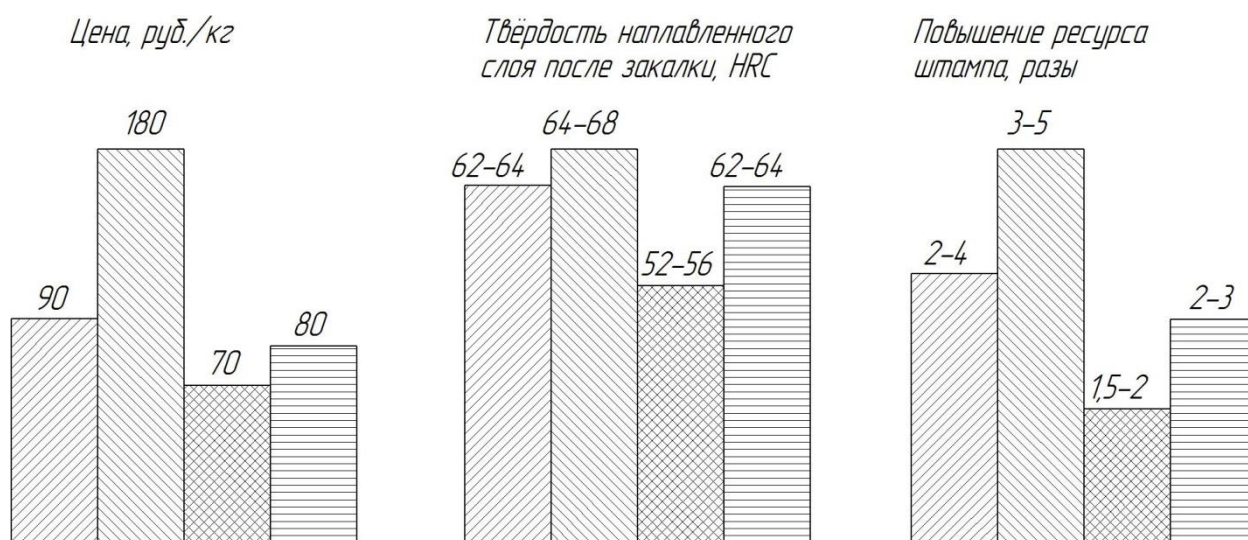


Рисунок 10 – Выбор порошка для восстановительной плазменной наплавки

Таблица 4 – Химический состав порошка для 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 5 – Химический состав порошка для 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 6 – Химический состав порошка для 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 7 – Химический состав порошка для наплавки ПР-Х3ВМФ5С

	Fe	C	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni
ПР-Х3ВМФ5С	Осн.	1,3	3	1,5	1,5	5	0,8	0,5	0,4

На основании анализа цены и свойств наплавочных порошков, графическое представление которого выполнено в виде рисунка 10, в качестве порошка для проектной технологии предложим ПР-Х12МФ.

2.8 Устройство для плазменной наплавки

Повышение эффективности плазменной наплавки предложено проводить с использованием горелки для плазменной наплавки.

Для осуществления проектной технологии плазменной наплавки предлагается модернизированная конструкция горелки, представленной на рисунке 11. Предлагаемая горелка «содержит медный электрод 1, в который при работе на постоянном токе прямой полярности помещена заподлицо цилиндрическая вставка 2 из циркония, гафния или графита. При работе на обратной полярности электрод 1 выполнен из меди, а в некоторых случаях электрод 1 может содержать вставку 2 из вольфрама. Через изолятор 3 электрод 1 соединен с плазмообразующим соплом 4. В плазмообразующем сопле 4 выполнены осевой центральный канал 5, внутренний ряд 6 дополнительных каналов 7 и внешний ряд 8 дополнительных каналов 9. Число каналов 7 и 9 в каждом из рядов 6 и 8 составляет не менее трех и не более двенадцати. Число каналов одного ряда меньше, больше или равно числу каналов другого ряда. Оптимальным является одинаковое число каналов в каждом из рядов» [1].

«Во всех случаях суммарное сечение каналов 7 из ряда 6 и суммарное сечение каналов 9 из ряда 8 удовлетворяет соотношению

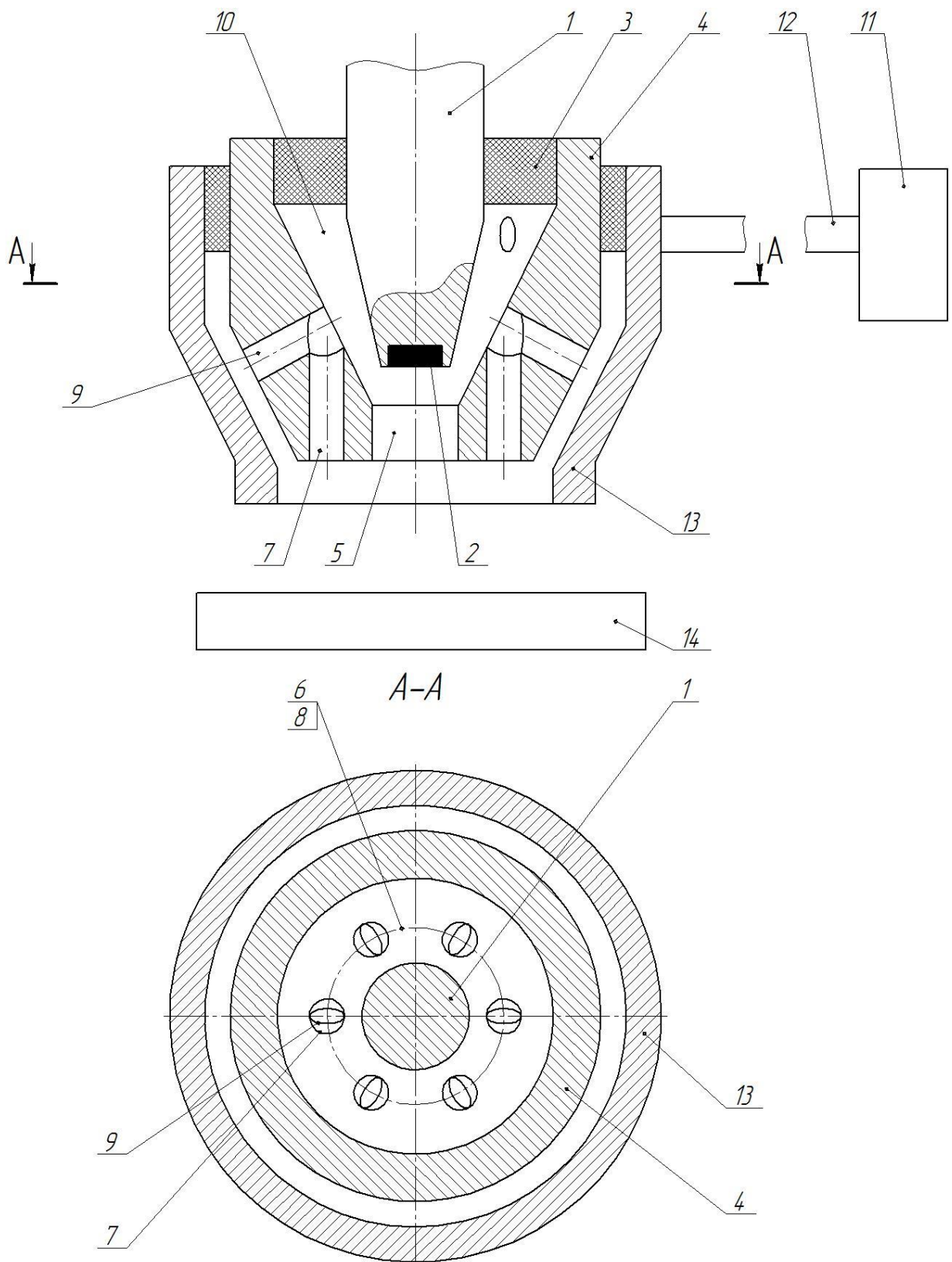
$$S_1 = S_2 = 2 S_0, \quad (1)$$

где S_1 – суммарное число каналов 7 внутреннего ряда 6;

S_2 – суммарное сечение каналов 9 внешнего ряда 8;

S_0 – сечение осевого центрального канала» [1].

Работа предложенной модернизированной горелки происходит следующим образом. «Первоначально во внутреннюю полость 10 от источника 11 по трубопроводу 12 подается газ, являющийся одновременно плазмообразующим, стабилизирующим и защитным. Часть общего потока газа, являющаяся плазмообразующим, вытекает из полости 10 в атмосферу через осевой центральный канал 5 плазмообразующего сопла 4» [1].



- 1 – электрод; 2 – вставка из циркония; 3 – изолятор; 4 – плазмобразующее сопло;
 5 – осевой центральный канал; 6 и 8 – внутренний и внешний ряды каналов;
 7 и 9 – каналы; 10 – внутренняя полость; 11 – источник газа; 12 – трубопровод;
 13 – защитное сопло; 14 – изделие

Рисунок 11 – Горелка для плазменной наплавки

«Часть общего потока газа, являющаяся стабилизирующим, протекает через внутренний ряд 6 каналов 7. Часть общего потока, являющаяся защитным, протекает через внешний ряд 8 каналов 9 и зазор защитного сопла 13. Расходы плазмообразующего, стабилизирующего и защитного газа автоматически устанавливаются обратно пропорционально гидравлическим сопротивлениям соответствующих каналов. В отсутствии дуги гидравлические сопротивления главным образом определяются проходным сечением и количеством соответствующих каналов.

После того как установится стационарный расход газа через все каналы, между электродом 1 и соплом 4 возбуждается малоамперная дежурная дуга, опорные пятна которой располагаются на торцевой поверхности электрода 1, в частности на торцевой поверхности вставки 2 и на внешней поверхности сопла 4» [1].

«Столб дежурной дуги проходит в потоке плазмообразующего газа через канал 5, образуя на выходе из канала 5 плазменную струю. При касании плазменной струи изделия 14 между электродом 1, в частности между вставкой 2 и изделием, автоматически возбуждается рабочая плазменная дуга, столб которой проходит в потоке плазмообразующего газа через осевой центральный канал 5. После возбуждения рабочей плазменной дуги расходы плазмообразующего, стабилизирующего газа автоматически перераспределяются в соответствии с новым гидравлическим сопротивлением канала 5, через который проходит столб дуги.

В предложенной горелке дополнительные каналы 7 и 9, а также защитное сопло 11 выполнены таким образом, что они создают условия для одновременного и автоматического поддержания режима оптимального использования тепловой энергии плазменной дуги и режима наилучшего формирования и защиты сварочной ванны» [1].

2.9 Описание операций технологического процесса восстановительной плазменной наплавки ножей

При выполнении проектной технологии восстановительной плазменной наплавки предусмотрено проведение следующих операций:

- термическая обработка (отжиг);
- подготовка поверхности наплавляемого изделия, зачистка и разделка выкрошившихся частей ножа;
- предварительный подогрев;
- плазменная наплавка;
- термическая обработка (высокий отпуск);
- механическая обработка ножа в заданный размер;
- контроль качества.

Первая операция – отжиг, предназначена для того, чтобы снизить твёрдость изделия и дать возможность подготовить поверхность ножа под восстановительную наплавку. В ряде случаев отжиг может быть заменён высоким отпуском. Отжиг выполняют в плотно закрытых ящиках с предварительной засыпкой туда порошка древесного угля. Это делается для того, чтобы избежать окисления поверхности деталей при выполнении отжига. Порошок древесного угля может быть заменён защитной обмазкой с толщиной слоя не менее 3 мм. В состав смеси для защитной обмазки входит: 40 % песка, 35 % глины, 15% кальцинированной соды и 10 % воды. Температура нагрева при отжиге составляет 850...900 °С. Выдержка при отжиге происходит в течение 2...4 часов.

Вторая операция – подготовка поверхности под наплавку, заключается в удалении выкрошившихся кромок, трещин, острых углов. По периметру наплавки следует снять фаску на глубину, равную толщине наплавляемого слоя, и выполнить выточку. Поверхность в месте наплавки должна быть зачищена до металлического блеска с удалением масла, ржавчины, грязи и окалины.

Разделку дефекта выполняют с применением плазменной поверхностной резки, что позволяет уменьшить себестоимость процесса и увеличить его производительность. В качестве оборудования используется установка плазменной резки УПР-201, оснащённая плазменным резаком ПР-202. Параметрами плазменной резки приняты: диаметр вольфрамового электрода – 8 мм, полярность тока – обратная, сила тока при резке составляет 340...380 А, скорость реза составляет 11...15 мм/с, напряжение на сжатой дуге принято 22...45 В.

Третья операция – предварительный подогрев изделия перед наплавкой, до температуры 200...300 °С.

Четвёртая операция – плазменная наплавка при восстановлении детали, выполняется с применением порошка, размеры частиц которого составляют 70...600 мкм. При этом необходимо поддерживать стабильность размеров частиц порошка, разница размеров частиц не должна превышать 30 мкм, что важно для обеспечения стабильности качества наплавки.

Принятые параметры режима плазменной наплавки – напряжение холостого хода – 120...160 В, сила тока при плазменной наплавке – 150...200 А, рабочее напряжение на дуге составляет 40...45 В. В качестве защитного газа применяется чистый аргон, который является плазмообразующим, транспортирующим и защитным газом. Расход плазмообразующего газа составляет 1,5...2,5 л/мин. Расход защитного газа составляет 16...20 л/мин. Расход транспортирующего газа составляет 5...7 л/мин.

Для охлаждения плазматрона применяется проточная вода, расход которой составляет 5 л/мин. Наплавка выполняется при скорости перемещения плазматрона 0,15...0,18 м/мин. В процессе наплавки расстояние между поверхностью детали и соплом плазматрона должно составлять 10...18 мм.

Пятая операция – высокий отпуск. Отпуск выполняют в плотно закрытых ящиках с предварительной засыпкой туда порошка древесного

угля. Это делается для того, чтобы избежать окисления поверхности деталей при выполнении отпуска. Температура нагрева при отпуске составляет 700...750 °С, время выдержки составляет 2...4 часа.

При выполнении контрольной операции следует убедиться в отсутствии дефектов и соответствии размеров наплавленного слоя заданным.

Наиболее часто встречающимся дефектом при наплавке являются раковины, трещины и поры. Ещё одним распространённым дефектом при плазменной наплавке является несплавление наплавленного слоя с основным металлом.

При контроле качества применяется визуально-измерительный контроль, объём которого составляет 100 %. Его необходимо проводить применительно ко всем наплавляемым поверхностям по все площади наплавки.

Также при контроле качества следует также замерить твёрдость наплавленной поверхности.

Выводы по второму разделу

Предварительный анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановительной наплавки деталей из стали X12M позволил установить, что для восстановления рассматриваемой детали могут успешно применяться следующие способы:

- ручная дуговая наплавка,
- наплавка самозащитными порошковыми проволоками,
- механизированная наплавка в среде защитного газа,
- наплавка под флюсом,
- плазменная наплавка.

Для обоснования выбора способа восстановительной наплавки выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по

эффективности каждого способа наплавки и вариантам повышения этой эффективности применительно к рассматриваемому изделию.

На основании анализа источников научно-технической информации построение проектной технологии восстановительной наплавки предложено выполнять с использованием плазменной наплавки.

Составлена проектная технология плазменной наплавки ножей для поперечной резки металла, которая включает в себя следующие операции:

- отжиг,
- подготовка дефектного места,
- предварительный подогрев,
- плазменная наплавка,
- высокий отпуск,
- механическая обработка,
- контроль качества.

Приведены описания операций технологического процесса плазменной наплавки изделия, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал. Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии восстановления рассматриваемого изделия.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности плазменной наплавки при восстановлении ножей поперечной резки металла. Выполнение операций проектного технологического процесса, приведённого в таблице 8, предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Таблица 8 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Термическая обработка (отжиг)	Контролёр по термообработке	Печь термообработки	Порошок древесного угля
2. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Установка плазменной резки УПР-201, резак ПРВ-202	Воздух сжатый
3. Предварительный подогрев	Контролёр по термообработке	Печь термообработки	-
4. Проведение плазменной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка плазменной наплавки	Порошок ПР-Х12МФ, аргон, вода техническая
5. Термическая обработка (высокий отпуск)	Контролёр по термообработке	Печь термообработки	Порошок древесного угля
6. Проведение контроля качества	Инженер - дефектоскопист	Лупа х4, линейка, твердомер ТН-134, штангенциркуль	-

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают

предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий.

Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Применение оборудования при осуществлении операций проектного технологического процесса приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых будет выполнена во втором пункте настоящего раздела.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, представленного в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1. Термическая обработка (отжиг)	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	Печь термообработки

Продолжение таблицы 9

1	2	3
2. Подготовка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Установка плазменной резки УПР-201, резак ПРВ-202
3. Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	Печь термообработки
4. Проведение плазменной наплавки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	Установка плазменной наплавки
5. Термическая обработка (высокий отпуск)	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	Печь термообработки
6. Проведение контроля качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; 	Твердомер ТН-134

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

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

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

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

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

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

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

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, представленный в таблице 11, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, представленные в таблице 12.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется плазменное нанесение покрытий	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [6]	«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» [6].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [6].

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленные в таблице 13.

Таблица 13 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для плазменного нанесения покрытий	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [6].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [6].

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 14 негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблице 15.

Таблица 14 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Плазменное нанесение покрытий	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, 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 15 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [6].

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии восстановления ножей для поперечной резки металла.

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

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

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

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

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности плазменной наплавки при восстановлении ножей поперечной резки металла. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе плазменной наплавки.

Базовая технология восстановления предусматривает применение дуговой наплавки штучными электродами. Проектная технология предусматривает плазменную наплавку с использованием модернизированной установки плазменной наплавки. Составлена проектная технология плазменного нанесения покрытия при восстановлении изделия, которая включает в себя следующие операции: отжиг, подготовка дефектного места, предварительный подогрев, плазменная наплавка, высокий отпуск, механическая обработка, контроль качества.

Такая замена способа восстановления позволяет существенно повысить производительность выполнения восстановительных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов наплавки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии восстановления ножей для поперечной резки металла.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии [11]

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	23000	900000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	12	70
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_{а}$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	800	800
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	En	-	0,33	0,33
Цена применяемых сварочных материалов:	Π			
- электроды		руб/кг	240	-
- порошка ПР-Х12МФ		руб/кг	-	90
- аргона		руб/ m^3	-	90
Расход применяемых сварочных материалов:	Z			
- электродов		кг/изделие	200	-
- порошка ПР-Х12МФ		кг/изделие	-	120
- аргона		$m^3/\text{час}$	-	50

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных таблицы 16: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

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

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (3)$$

Расчёты, выполненные согласно (3) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического

процесса) времени $t_{\text{маш}}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,82 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,4 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,49 \text{ ч.}$$

Годовая программа Π_{Γ} выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (3) эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ и согласно (4) штучного времени $t_{\text{шт}}$:

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (5)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4.4) после подстановки численных значений:

$$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054 / 1,82 = 1128 \text{ деталей за год;}$$

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054 / 0,49 = 4191 \text{ деталей за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 1000$ деталей в год.

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

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (6)$$

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (6), составляет:

$$n_{РАСЧБ} = \frac{1,82 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,81, \quad n_{РАСЧП} = \frac{0,49 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,22.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (6) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (7)$$

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

$$K_{3б} = 0,81/1 = 0,81,$$

$$K_{3п} = 0,22/1 = 0,22.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Восстановление ножей для поперечной резки металла предусматривает расходование материалов. При вибродуговой наплавке расходным материалов будут сварочная проволока и углекислый газ. При плазменном нанесении покрытия расходными материалами будут присадочный порошок и аргон.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{тз}, \quad (8)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (4.7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252,00 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 141,75 = 198,45 \text{ рублей}$$

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

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (9)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (9) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 1,82 \cdot 200 \cdot 1,88 = 684,32 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,49 \cdot 200 \cdot 1,88 = 184,24 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (10)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (10) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 684,32 \cdot 12 / 100 = 82,12 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 184,24 \cdot 12 / 100 = 22,11 \text{ рублей.}$$

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

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 684,32 + 82,12 = 766,44 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 184,24 + 22,11 = 206,35 \text{ рублей.}$$

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

$$O_{\text{сн}} = \PhiЗП \cdot K_{\text{сн}}/100. \quad (11)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (11) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн баз.}} = 766,44 \cdot 34/100 = 260,59 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 206,35 \cdot 34/100 = 70,16 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{эз}}. \quad (12)$$

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

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (13)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (13) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 23000 \cdot 21,5 \cdot 1,82 / 2054 / 100 = 4,38 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 900000 \cdot 21,5 \cdot 0,49 / 2054 / 100 = 46,16 \text{ руб.}$$

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

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{мах}} \cdot \Pi_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (14)$$

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

$$P_{\text{ээ баз}} = 12 \cdot 1,82 \cdot 3,2 / 0,7 = 55,5 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 70 \cdot 0,49 \cdot 3,2 / 0,85 = 75,0 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (12) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 4,38 + 55,50 = 59,88 \text{ рублей},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 46,16 + 75,03 = 121,19 \text{ рублей.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 252 + 766,44 + 260,59 + 59,88 + 62,02 = 1400,93 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 198,45 + 206,35 + 70,16 + 121,19 + 16,70 = 612,85 \text{ руб.}$$

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

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1400,93 + 1,5 \cdot 684,32 = 1400,93 + 1026,48 = 2427,41 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 612,85 + 1,5 \cdot 184,24 = 612,85 + 276,36 = 889,21 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

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

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 2427,41 + 1,15 \cdot 684,32 = 2427,41 + 786,97 = 3214,38 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 889,21 + 1,15 \cdot 184,24 = 889,21 + 211,88 = 1101,09 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в табл. 17.

Таблица 17 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>M</i>	252	198
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	766	206
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	260	70
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	60	121
5. Расходы на площади	<i>Зпл</i>	62	17
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	1401	613
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	1026	276
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	2427	889
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	787	212
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	3214	1101

Таким образом, на основании данных таблицы 17 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (7):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (18)$$

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

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (19)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (19) соответствующих значений, составляет:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 23000 - (23000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 8165 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 8165 \cdot 0,81 = 6614 \text{ рублей}$$

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

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (20)$$

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

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{\text{ЗП}} \quad (21)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (21) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об.пр.}} = 900000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 207900 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт.}} \quad (22)$$

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

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (23)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (24)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (22), (23) и (24) соответствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 23000 \cdot 0,05 = 11500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 900000 \cdot 0,05 = 45000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп.}} = 11500 + 45000 = 57000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (20) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр.}} = 207900 + 57000 = 264900 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр.}} - K_{\text{общ.б.}} \quad (25)$$

$$K_{\text{доп}} = 264900 - 6614 = 258286 \text{ руб.}$$

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

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_{Г}}, \quad (26)$$

После подстановки в (4.25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 127800/1000 = 127,8 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 296000/1000 = 296 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПр}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (27)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (27) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{1,82 - 0,49}{1,82} \cdot 100\% = 73\%$$

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

$$П_{Т} = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (28)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (28) составило:

$$П_{Т} = (100 \cdot 73)/(100 - 73) = 270 \%$$

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

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (29)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (29) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1400,93 - 612,85}{1400,93} \cdot 100\% = 56\%$$

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (30)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (30) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (3214,38 - 1101,09) \cdot 1000 = 2113290 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (31)$$

Срок окупаемости после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{258286}{2113290} = 0,3$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (32)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (32) соответствующих значений составил:

$$\text{Эг} = 2113290 - 0,33 \cdot 258286 = 2028055 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии восстановления ножей для поперечной резки металла применяется ручная дуговая наплавка штучными электродами. Недостатком базовой технологии является высокая вероятность получения наплавленного слоя с порами и неоднородной структурой. В наплавленном слое присутствуют значительные остаточные растягивающие напряжения, которые приводят к снижению прочности на 30...40 %. Также следует отметить низкую производительность способа по сравнению с перспективными высокотехнологичными способами восстановления деталей машин.

Проектный вариант технологии предполагает использование плазменной наплавки. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения восстановительных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов наплавки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 73 %, повышение производительности труда на 270 %, уменьшение технологической себестоимости на 56 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 2,11 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 2,03 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение эффективности восстановления и упрочнения ножей для поперечной резки металла.

Анализ альтернативных способов восстановления деталей машин выполнен с рассмотрением таких способов, как: ручная дуговая наплавка, наплавка самозащитными порошковыми проволоками, механизированная наплавка в среде защитного газа, наплавка под флюсом, плазменная наплавка.

На основании анализа источников научно-технической информации построение проектной технологии восстановительной наплавки предложено выполнять с использованием плазменной наплавки.

Составлена проектная технология плазменной наплавки ножей для поперечной резки металла, которая включает в себя следующие операции: отжиг, подготовка дефектного места, предварительный подогрев, плазменная наплавка, высокий отпуск, механическая обработка, контроль качества.

Приведены описания операций технологического процесса плазменной наплавки изделия, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

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

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 2,03 млн. рублей. Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1234104 СССР, МКИ В23К9/16. Плазменная горелка / Быховский Д. Г., Медведев А. Я., Соколов В. Г.. – № 3536389/25-27, заяв. 10.01.83; опубл. 30.05.86, Бюл. № 20. 7 с.
2. Власов А. Ф., Богоуцкий А. А., Лысак В. К., Куций А. М. Разработка материалов и технологии наплавки биметаллического режущего и штампового инструмента // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2012. № 3. С. 80–85.
3. Власов А. Ф., Макаренко Н. А., Куций Н. А., Куликов В. П. Повышение производительности ручной дуговой наплавки изделий, работающих при высоких температурах // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2017. № 2. С. 93–98.
4. Власов А. Ф., Макаренко Н. А., Куций А. М. Нагрев и плавление электродов с экзотермической смесью в покрытии // Автоматическая сварка. 2014. № 6. С. 151–154.
5. Власов В. М., Нечаев Л. М., Фомичева Н. Б., Фомичева Е. В. Влияние дефектов, возникающих в процессе наплавки, на механические характеристики металла // Соврем. наукоемкие технологии. 2004. № 1. С. 9–11.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти, 2012. 135 с.
8. Иванов В. П., Лаврова Е. В. Управление формированием зоны проплавления при электродуговой сварке // Автоматическая сварка. 2016. № 8. С. 6–11.

9. Иоффе И.С. Влияние титанотермитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки // Сварочное производство. 1980. № 3. С. 26–28.

10. Кошевой А. Д., Пресняков В. А. Повышение износостойкости рабочих поверхностей пресового інструмента // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії :зб. наук. праць. Краматорськ-Словянськ, 2000. С. 473–476.

11. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

12. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2006. № 3. С. 25–30.

13. Лещинский Л. К., Самотугин С. С., Лаврик В. П. Работоспособность макронеоднородного наплавленного металла // Тезисы докладов Международной научно-методической конференции «Современные проблемы сварки и родственных технологий, совершенствование подготовки кадров». Мариуполь : ПГТУ, 2001. С. 44-45.

14. Макаренко Н. А., Богуцкий А. А., Грановская Н. А., Синельник В. В. Разработка установки и плазмотрона для плазменно-порошковой наплавки на разнополярно-импульсном токе // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск: СНУ, 2010. № 2. С. 168–173.

15. Максимов С. Ю., Лендел И. В. Повышение эффективности наплавки путём применения импульсной подачи электродной проволоки // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск : СНУ, 2016. № 2. С. 171–175.

16. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные наплавочные материалы, обеспечивающие получение наплавочного металла с мартенситными превращениями : тезисы докладов научного семинара

«Современные достижения в области сварки, наплавки и родственных технологий». Мариуполь : 2000. С. 86–90.

17. Малинов Л. С. Перспективные экономнолегированные стали и чугуны с мартенситными превращениями и наплавочные материалы на их основе // Захист металургійних машин від поломок : зб.наук. праць. Вип. 5. Маріуполь, 2000. С. 238–244.

18. Машиностроение. Технология сварки, пайки и резки. Том 3 / Под ред. Б. Е. Патона. М. : Машиностроение, 2006. 768 с.

19. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей : Методические рекомендации к курсовому и дипломному проектированию. М. : МГАУ, 1998. 52 с.

20. Патон Б. Е., Лебедев А. А. Анализ технических и технологических возможностей импульсной подачи электродной проволоки в процессах дуговой сварки и наплавки // Сварочное производство. 2002. № 2. С. 24–31.

21. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

22. Потальевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.

23. Походня И. К., Альтер В. Ф., Шлепаков В. Н. Производство порошковой проволоки. Киев : Вища школа, 1980. 231 с.

24-16. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю., Рябцев И. А. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

25. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 60–64.

26. Рябцев И. А. Наплавка деталей машин и механизмов. Киев : Екотехнологія, 2004. 160 с.

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

28. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. М. : Машиностроение, 1974. 768 с.

29. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

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

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

32. Ivanov V. P., Lavrova E. V. Improving the Efficiency of Strip Cladding by the Control of Electrode Metal Transfer // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 682. P. 266–269.