

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология ремонтной сварки разжимного
кулака автомобиля "Ивеко"»

Студент	<u>А.В. Шестов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Б.Н. Перевезенцев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>М.М. Бажутина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

АННОТАЦИЯ

Важнейшей отраслью современной сварочной науки и техники является наплавка. Доминирующее положение в производственной практике получили дуговые способы наплавки. Одним из распространенных способов остается наплавка в чистом CO₂. Однако этот процесс имеет ряд недостатков, основные из которых: большая глубина проплавления основного металла; большие потери электродного металла на разбрызгивание (от 5 до 15 %); узкий диапазон режимов наплавки с получением удовлетворительного формирования валика и др.

Цель выпускной квалификационной работы - повышение эффективности восстановительных операций деталей машин из стали 45 на примере разжимного кулака.

В работе решены следующие задачи:

- 1) Выполнить литературный обзор по тематике восстановления деталей машин различными методами сварки и подобрать наиболее подходящий для данной детали способ сварки;
- 2) Выполнить оптимизацию способа и повышение эффективности восстановления для рассматриваемой детали;
- 3) Составить проектную технологию восстановления базируясь на современные достижения в области сварочной науки.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Установлено, что проектный вариант восстановления после своего внедрения в производство даст годовой экономический эффект 6,34 млн рублей.

ABSTRACT

Surfacing is the most important branch of modern welding science and technology. The dominant position in the production practice was obtained by arc welding methods. One of the most common methods is surfacing in pure CO₂. However, this process has a number of drawbacks, the main ones of which are: a greater depth of penetration of the base metal; large losses of electrode metal for splashing (from 5 to 15%); a narrow range of surfacing regimes with obtaining a satisfactory formation of a roller, etc.

The purpose of the bachelor's thesis is to increase the efficiency of the restorative operations of machine parts made of Steel 45 using the expanding fist.

The following tasks are solved in the bachelor's thesis:

- 1) To carry out a literature review on the subject of restoring machine parts by various welding methods and to select the most suitable welding method for this part;
- 2) Optimize the method and increase the recovery efficiency for the part in question;
- 3) Develop a design recovery technology based on modern advances in the field of welding science.

The economic efficiency of the project technology is estimated. It is established that the project recovery option after its introduction into production will give an annual economic effect of 6.34 million rubles.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ВОССТАНОВЛЕНИЯ	8
1.1 Описание изделия и условий его работы	8
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	10
1.3 Анализ источников научно-технической информации	16
1.4 Постановка задач на проектирование	18
2 АНАЛИЗ СПОСОБОВ НАПЛАВКИ ИЗДЕЛИЯ	19
2.1 Ручная дуговая наплавка	19
2.2 Газопламенное напыление	21
2.3 Электродуговая металлизация	22
2.4 Плазменная наплавка	24
2.5 Наплавка в среде углекислого газа	27
2.6 Заключение по второму разделу	29
3 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ	30
3.1 Выбор защитной среды	30
3.2 Расчёт параметров режима наплавки	32
3.3 Приспособление для операции наплавки	35
3.4 Планировка участка	39
4 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	40
4.1 Технологическая характеристика объекта	40
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	42
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	43
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	44
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого	

технологического объекта	46
4.6 Заключение по экологическому разделу	47
5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	48
5.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	48
5.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	50
5.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	51
5.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	53
5.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	57
5.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	58
5.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	60
5.8 Заключение по экономическому разделу	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей отраслью современной сварочной науки и техники является наплавка. Доминирующее положение в производственной практике получили дуговые способы наплавки. Одним из распространенных способов остается наплавка в чистом CO_2 . Однако этот процесс имеет ряд недостатков, основные из которых: большая глубина проплавления основного металла; большие потери электродного металла на разбрызгивание (от 5 до 15 %); узкий диапазон режимов наплавки с получением удовлетворительного формирования валика и др. [12, 13].

Механизированные и автоматические способы дуговой сварки и наплавки, в том числе в защитных газах, получили широкое распространение и постоянно совершенствуются. Во многих опубликованных работах представлены достаточно значимые результаты по указанным процессам, но они зачастую не имеют характер законченных исследований.

Исследованиям, направленным на устранение недостатков и совершенствование этого технологического процесса, посвящено большое количество работ, из которых следует, что условия формирования наплавленного металла и технологичность способа дуговой наплавки в CO_2 в большой степени определяются возможностью реализации управляемого переноса расплавленного электродного металла в сварочную ванну [14, 15].

Воздействие на перенос электродного металла с постоянной скоростью подачи электродной проволоки и импульсным управлением электрическими параметрами сварочной дуги реализовано такими производителями сварочного оборудования, как EWM, OTC Daihen, Kemppu, Cloos, Esab и рядом других. Компанией Fronius реализовано комбинированное электромеханическое управление.

Некоторое отставание в исследованиях технологической эффективности сварки и наплавки плавящимся электродом с импульсными режимами работы систем подачи проволоки и перемещений дуги

относительно линии ведения процесса ранее было связано с их техническим несовершенством. 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.

Полученные в работах [1–3] результаты позволяют утверждать, что импульсные алгоритмы функционирования систем подачи электродной проволоки могут быть одним из самых эффективных способов совершенствования механизированных и автоматических способов дуговой сварки и наплавки плавящимся электродом.

Следует отметить, что исследовательская работа с использованием современных управляемых систем импульсной подачи продолжается в части решения весьма важной проблемы — управление (в той или иной степени) структурой металла шва. Важность и пути решения упомянутой проблемы отмечены в ряде работ, например [4, 5], однако, насколько нам известно, системных исследований в рассматриваемом направлении с использованием современных методов металлографических исследований в настоящее время не отмечено.

Цель выпускной квалификационной работы - повышение эффективности восстановительных операций деталей машин из стали 45 на примере разжимного кулака.

1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

1.1 Описание изделия и условий его работы

Одним из узлов автомобиля является разжимной кулак (рис. 1.1), который поворачиваясь вокруг оси раздвигает тормозные колодки.

При дефектации сравнивают фактические размеры деталей или их дефекты с допустимыми величинами и делают заключение о годности детали.

Техническое состояние деталей оценивают по техническим условиям на ремонт. Контролируемые дефекты:

- износ поверхностей под втулки до диаметра более $\varnothing 39,75$ мм;
- износ на поверхности профиля кулака более 0,5мм;
- износ шлицов по толщине под рычаг более 5,48мм;
- повреждение резьбы (вмятины, забоины, выкрашивании, срыв более 2-х витков).

Таблица 1 – Дефекты разжимного кулака

Позиция на эскизе	Вероятный дефект	Размер, мм		Методы обнаружения дефекта и средства его контроля	Заключение
		Согласно рабочего чертежа	Допустимый без ремонта		
1	Величина износа шлицев по толщине	5,86 _{-0,1}	5,72	Калибр НЕ 5,72 мм	Наплавить

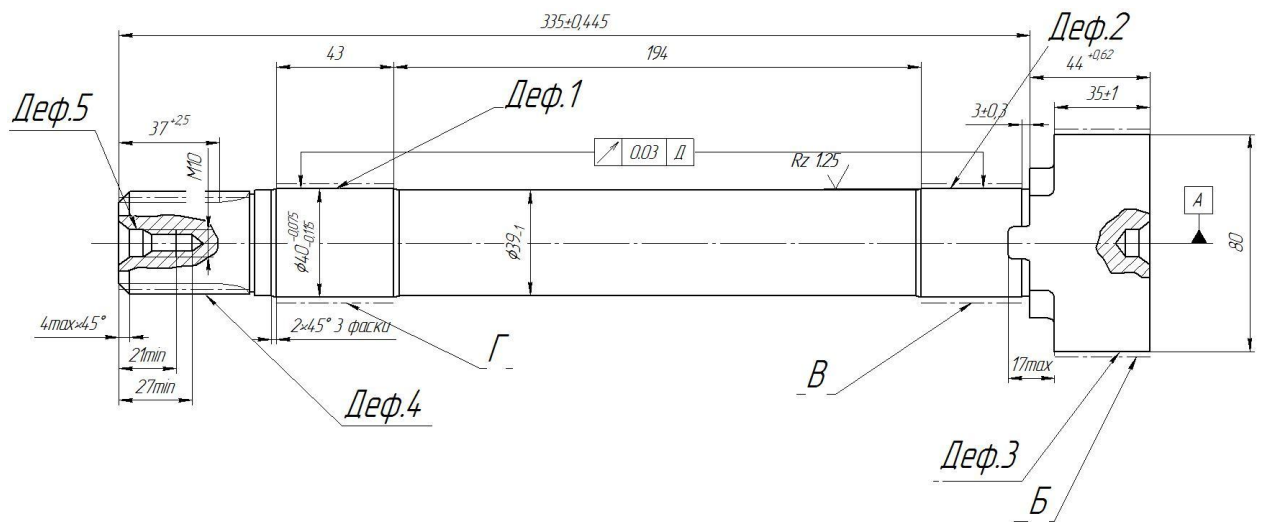


Рисунок 1.1 – Разжимной кулак

При нажатии педали тормозной системы шток тормозной камеры производит поворот разжимного кулака. Возникающее в тормозной камере давление передается через рычаг к шлицам тормозного кулака. Сжатые пружины, которые стягивают тормозные колодки, вызывают на шлицах противоположное сопротивление. Это обуславливает износ рабочих боковых поверхностей шлицев тормозного кулака при непосредственной передаче крутящего момента. Шлицы в данном случае работают на срез. Износ рабочих поверхностей достигает до 0,5 мм.

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Деталь изготавливается из стали 45 (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Химический состав стали 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,41 – 0,49	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25

Высокое содержание углерода, заданные в конструкторской документации высокие характеристики физико-механических свойств сварных соединений приводят к возникновению трудностей при разработке технологий сварки и наплавки применительно к стали 45:

- 1) Очень сложно предупредить момент возникновения холодных трещин в расплаве;
- 2) Очень трудно предупредить момент образования кристаллизационных трещин в сварном соединении, связанных с повышенным содержанием углерода в свариваемом металле;
- 3) Фактически невозможно получить металл сварного соединения в целом, и околошовной зоны равноценного по свойствам основному материалу.

Холодные трещины

Холодные трещины – разрушение свариваемого материала в шве. Холодные трещины бывают локальными или транскристаллическими. Отличительным признаками холодных трещин от горячих, является возможность их обнаружения при визуальном осмотре шва. Это, зачастую, блестящий излом на поверхности шва без следов характерного высокотемпературного окисления. Возникновение трещин происходит сразу после сварки при охлаждении зоны нагрева ниже 200...100 °С. Далее происходит их развитие непосредственно вдоль сварного соединения, а также вглубь свариваемого материала в течение нескольких часов до нескольких суток [1, 2, 5].

Основные процессы, характеризующие образование холодных трещин:

- 1) наличие мартенситных и бейнитных включений в сварном соединении;
- 2) величина сварочных напряжений первого рода, которые зависят от жесткости сварной конструкции, режима сварки, марки свариваемого металла и др.;
- 3) количественное содержание и распределение водородных включений в металле сварного шва, которые зависят от концентрации водорода в области дуги, а также исходного наличия и количественного состава водорода в основном материале.

Наиболее значимое влияние на конечную стойкость высокопрочных сталей к возникновению холодных трещин при сварке оказывают:

- Значительный перегрев околошовной зоны;
- температура мартенситного превращения в околошовной зоне;
- скорость охлаждения околошовной зоны и металла шва.

Нарушение атомарного строения в пределах границы зёрен и затруднение зарождения микротрещин прямо пропорционально величине перегрева, скорости охлаждения, и температуре мартенситного превращения. Вероятность развития холодных трещин прямо пропорциональна пластичности мартенсита.

Повышение температуры мартенситного превращения и замедление охлаждения уменьшает разницу между продольными сварочными напряжениями в пределах границы околошовной зоны и шва.

Мероприятия защиты от холодных трещин

- 1) Поиск оптимальных значений нагрева околошовной зоны. Оптимальными температурными значениями являются такие значения температур, при которых происходит ограничение перегрева металла в околошовной зоне. Необходимо уменьшать время присутствия в околошовной зоне свариваемого металла при температурах свыше 1000 градусов. Этого можно добиться путем дополнительного подогрева.

2) Предварительный и дополнительный подогревы околошовной зоны. Высокая стойкость от холодных трещин достигается применением подогрева околошовной зоны до 200 – 300 °С в сочетании с режимами с низкой погонной энергией. При многослойной сварке необходим дополнительный подогрев шва при применении наложения отдельных слоёв друг на друга непрерывно либо с небольшим перерывом.

3) Выполнение швов с применением высоколегированных присадочных материалов для получения аустенитного шва. Но, применять такой способ можно только при невозможности предупреждения возникновения холодных трещин другими методами. К недостаткам металла шва аустенитного типа относят:

- невысокую прочность;
- большую стоимость.

Ввиду этих фактов, использование данного метода возможно только в случае невысоких требований к прочности сварного соединения.

4) Легирование металла сварного соединения с ферритной основой. Физические свойства металла шва в околошовной зоне способствуют развитию упругопластических деформаций, которые смещают превращение аустенита в мартенсит к области высоких температур.

5) Термообработка сварных швов сразу после сварки. К термообработке можно отнести низкий отпуск, при котором происходит уменьшение остаточных сварочных напряжений, это в свою очередь уменьшает риск возникновения трещин. Измельчение структуры сварного соединения и околошовной зоны является благоприятным фактором при термообработке. Термообработка не должна производиться дольше часа.

6) Снижение соединений водорода в материале сварного соединения. Рекомендуются материалы для сварки с невысоким содержанием водорода.

7) Подготовка поверхности. Все поверхности в зоне расплава необходимо очищать от окалины, ржавчины, загрязнений, влаги. Указанные загрязнения приводят к образованию пористости, окисных включений, а также трещинам

в металле сварного соединения. Подготовке подлежат кромки под сварку, а также участки, прилегающие к кромкам на расстоянии не менее 10 – 15 мм с разных сторон от указанных кромок.

Горячие трещины

Горячие трещины – это разрушения металла сварного соединения и околосшовной зоны (зачастую хрупкие межкристаллические), которые возникают в твердожидком состоянии при кристаллизации, и при воздействии сверхвысоких температур при твердом состоянии в процессе распространения вязкопластической деформации материала сварного соединения. Трещины могут возникнуть в сварных швах при всех известных способах сварки плавлением.

Процесс кристаллизации металла сварного соединения проходит в при действии растягивающих напряжений. Уменьшение температуры способствует росту величины напряжений, при этом появляется упругопластическая деформация металла сварного соединения. При превышении величины деформации деформационной способности металла происходит возникновение горячих трещин.

Последние теоретические работы указывают, что возникновение горячих трещин происходит при сочетании условий:

- температурного промежутка высокой хрупкости в момент кристаллизации металла сварного соединения;
- малой пластичности при температурном промежутке высокой хрупкости;
- скорости развития высокотемпературных сварочных деформаций.

Способы устранения горячих трещин

- 1) Использование минимальной длины дуги без введения дополнительных поперечных колебаний при ручной дуговой сварке;
- 2) Выполнение на наиболее низких скоростях с минимальным количеством проходов при автоматической сварке под флюсом;

- 3) Необходимо производить заплавление или вышлифовку кратеров швов до момента получения выпуклого мениска, однако заводить кратеры на основной свариваемый металл запрещено;
- 4) Необходимо проверить отсутствие горячих трещин в кратере при вынужденном обрыве дуги до момента ее возбуждения, при обнаружении трещин кратер необходимо зачистить любым механическим способом;
- 5) Выполнять замену угловых и тавровых соединений стыковыми при конструировании сварных конструкций;
- 6) Использовать комбинированные способы для сварки соединений больших толщин, при которых внутренние и внешние слои шва, которые не входят в контакт с агрессивной средой необходимо делать электродами, обеспечивающими наименьшую коррозионную стойкость, но улучшенную стойкость металла сварного соединения к возникновению горячих трещин (за счёт присутствия в большом количестве в шве ферритной фазы); толщина обращенного к коррозионной среде слоя равноценного по коррозионной стойкости основному свариваемому металлу, должна быть не менее 3 мм.
- 7) Использовать порошковые проволоки.

Разупрочнение

При длительной работе в среде высоких температур эффект разупрочнения околошовной зоны сталей возникает при воздействии термических циклов сварки по причине высокотемпературного отпуска и недостаточной перекристаллизации. Это приводит к уменьшению величины длительной прочности сварных швов.

Уменьшение разницы между величиной длительной прочности сварных швов к прочности основного металла зависит от термических циклов сварки, коэффициента упрочнения сталей при термической обработке и их структурной стабильности.

Величина разупрочнения связана не только с режимами термообработки, но также с параметрами режимов сварки. Увеличение

погонной энергии приведет к возникновению разупрочнения свариваемых металлов.

Появление нетвердой прослойки в швах приведет к локальным разрушениям жестких сварных соединений при эксплуатации, в значительной степени при возникновении изгибающих нагрузок.

Меры борьбы с разупрочнением

1) Выполнение перекристаллизации шва и околошовной зоны при высокотемпературной термообработке (например, нормализации с высоким отпуском). Главным обнаруженным недостатком такой высокотемпературной термообработки считается невозможность подобно отпуску осуществления местной обработки, ввиду разупрочнения участков металла в непосредственной близости к месту обработки, при этом объемная термообработка сварных конструкций ограничена существующими габаритными размерами печей для термообработки.

2) Для получения равной прочности металла сварного соединения и основного металла в сварном соединении необходимо снижать содержание углерода и дополнительно ввести необходимое количество легирующих элементов, это в свою очередь приведет к образованию горячих и холодных трещин непосредственно в металле сварного соединения.

1.3 Анализ источников научно-технической информации

В первой работе [6] исследовано влияние способов автоматической дуговой наплавки на проплавление основного металла, качество формирования и геометрические размеры наплавленных валиков. В экспериментах использовали девять партий порошковых проволок. Установлено, что наибольшее влияние на формирование наплавленных валиков оказывает напряжение дуги. При этом диапазон значений напряжений, при котором обеспечивается хорошее формирование наплавленных валиков и отсутствие пор, не совпадает при наплавке разными способами проволокой одного диаметра. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при выборе способа дуговой наплавки, режимов наплавки, которые в наибольшей степени удовлетворяют условиям эксплуатации и требованиям к наплавленному металлу для конкретных деталей.

Результаты работы будут использованы в ходе дальнейшего анализа возможных вариантов наплавки.

Во второй работе [7] выбран присадочный порошок на основе железа 15X19N9M4C5ГЗД и разработана технология механизированной плазменной наплавки уплотнительных и цилиндрических поверхностей штоков (шпинделей) арматуры, которые эксплуатируются на тепловых и атомных электростанциях. Металл, наплавленный этим порошком, обладает необходимыми эксплуатационными свойствами и по сравнению с ранее применяемыми для этой цели никелевыми сплавами имеет более низкую цену. Применение плазменно-порошковой наплавки штоков энергетической арматуры взамен ручной дуговой покрытыми электродами и автоматической дуговой порошковыми проволоками позволило улучшить качество наплавленного металла, снизить припуски на механическую обработку, а также снизить расходы на наплавку и увеличить ресурс эксплуатации запорной арматуры.

Результаты указанной работы будут применены в выпускной квалификационной работе при выборе наплавочного материала, если будет принято решение использовать плазменную наплавку.

В третьей работе [8] показано, что процесс дуговой наплавки в среде углекислого газа с импульсной подачей электродной проволоки по сравнению с постоянной ее подачей характеризуется повышенной стабильностью, меньшими потерями электродного металла на разбрызгивание и улучшенными характеристиками износостойкости наплавленного металла 30ХГСА. Установлен оптимальный диапазон параметров импульсной подачи электродной проволоки для наплавки — частота 10...30 Гц, скважность 3...5 ед. Показано, что уменьшение глубины проплавления основного металла достигается за счет снижения тока на стадии роста капли в элементарном цикле переноса электродного металла.

Результаты этой работы будут применены в ходе анализа состояния вопроса, а также при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать наплавку в защитных газах.

В четвёртой работе [11] рассматриваются результаты исследований влияния параметров импульсной подачи электродной проволоки при электродуговой наплавке в CO_2 на условия формирования валика наплавляемого металла, износостойкость и потери электродного металла. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных при постоянной и импульсной подаче электродной проволоки. Показано, что изменение скорости подачи электродной проволоки при постоянных энергетических параметрах процесса наплавки позволяет эффективно влиять на формирование наплавленного валика, износостойкость и количество потерь электродного металла. Данный результат достигается за счет изменения кинематических условий переноса электродного металла с торца электрода через дуговой промежуток в ванну жидкого металла.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать наплавку в защитных газах.

Пятая работа [16] показывает технологию восстановительной плазменной наплавки. Однако, виду низкой теоретической и аппаратной подготовки производства в настоящее время нельзя анализировать возможность внедрения плазменной наплавки. Это делает невозможным применение результатов данной работы для разработки проектной технологии. Но она может быть применена в ходе анализа состояния вопроса.

1.4 Постановка задач на проектирование

По существующей технологии при восстановлении детали не используются процессы сварки. Восстановление выполняется с применением пластического деформирования.

Для составления проектной технологии на базе процессов сварки следует выполнить литературный обзор.

С учётом выполненного анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи проекта:

- 1) Выполнить литературный обзор по тематике восстановления деталей машин различными методами сварки и подобрать наиболее подходящий для данной детали способ сварки;
- 2) Выполнить оптимизацию способа и повышение эффективности восстановления для рассматриваемой детали;
- 3) Составить проектную технологию восстановления базируясь на современные достижения в области сварочной науки.

2 АНАЛИЗ СПОСОБОВ НАПЛАВКИ ИЗДЕЛИЯ

2.1 Ручная дуговая наплавка

Дуговая наплавка (рис. 2.1) в настоящее время это один из самых применяемых и универсальных способов восстановления и упрочнения изнашиваемых поверхностей деталей. Этот способ улучшает стойкость поверхностей деталей к абразивному износу, коррозии, эрозии, термической и контактной усталости. При этом способе зачастую используется ручная, газовая либо электродуговая наплавка, а также другие виды и способы механизированной наплавки [17, 18, 19]. Самый распространённый метод при восстановлении деталей машин – это дуговая наплавка металлическими электродами с покрытием. При данном методе используется простое и мобильное оборудование, есть возможность наплавки при различных положениях восстанавливаемой заготовки, а также недоступных для других методов местах.

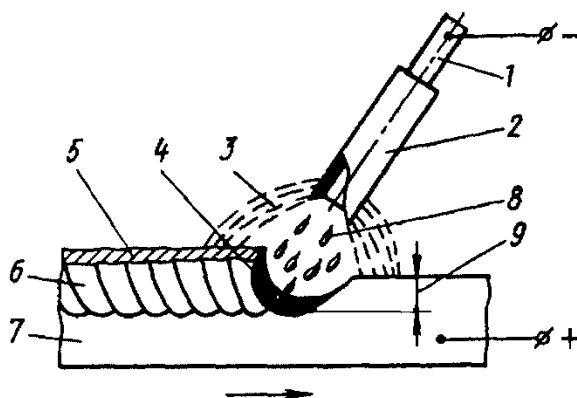
Для наплавки применяют обычные источники сварочного тока. Выбор параметров режима наплавки производят с учётом того обстоятельства, что при избыточной силе тока снижается качество наплавки. Следует также принимать во внимание, что способ обладает низкой производительностью, высокими потерями электродного металла на угар и разбрызгивание. Наплавка производится преимущественно на плоских поверхностях в нижнем положении. Наплавленный слой допускается толщиной 3...10 мм.

Достоинствами ручной дуговой наплавки являются высокая прочность наплавленного слоя и простота используемого в процессе работ оборудования. Существенным недостатком метода, как и других способов ручной сварки, является низкая производительность операции и зависимость качества сварного соединения от квалификации исполнителя. Также недостатком метода является различная в начале и в конце операции скорость расплавления электрода. Глубина проплавления основного металла

может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от изменения условий теплопереноса от дуги к металлу основы через жидкий металл ванны расплава. Это провоцирует изменение соотношения долей электродного и основного металла, напрямую участвующие в образовании металла сварного соединения, следовательно, и его химический состав и механические свойства.

Основной недостаток ручной дуговой наплавки при применении металлического электрода это невысокая производительность процесса и зависимость качества работы от практических умений исполнителя. Также недостатком ручной дуговой наплавки является различная скорость плавления электрода в начале и конце операции.

Происходит изменение глубины проплавления основного металла ввиду изменения условий распространения тепла от дуги к основному металлу через дополнительный слой жидкого металла, который находится в сварочной ванне. Происходит изменение отношения доли металла электрода и основного металла, участвующих в образовании сварного соединения, следовательно, и его состав и физико-механические свойства.



1 — металлический стержень; 2 — электродное покрытие; 3 — защитная среда дуги; 4 — ванна сварки; 5 — отвердевший шлак; 6 — закристаллизовавшийся металл шва; 7 — основной металл (изделие); 8 — капли расплавленного электродного металла; 9 — величина проплавления

Рисунок 2.1 – Эскиз операции ручной дуговой наплавки

2.2 Газопламенное напыление

Большое использование при упрочнении поверхностей деталей и оборудования в химической промышленности находят газотермические методы нанесения покрытий [18, 20]. Адгезия плазменных и газоплазменных покрытий высокая, до 250 МПа. Данные способы производительны, а также позволяют получать покрытия с толщиной напыляемого слоя от десятой доли до нескольких миллиметров.

Суть процесса при газоплазменном нанесении металлических покрытий состоит в напылении предварительно расплавленного металла на подготовленную под нее поверхность деталей. Для этого применяется струя сжатого газа. Мелкодисперсные частицы расплавляемого материала на высоких скоростях ударяются о поверхность обработки. При этом происходит их деформирование, они внедряются в дефектные области поверхностного слоя и тем самым образуют новое покрытие. Напыляемое покрытие расплавляется ацетилено-кислородным пламенем и распыляется за счет воздействия струи сжатого газа. К преимуществам процесса газопламенной металлизации можно отнести:

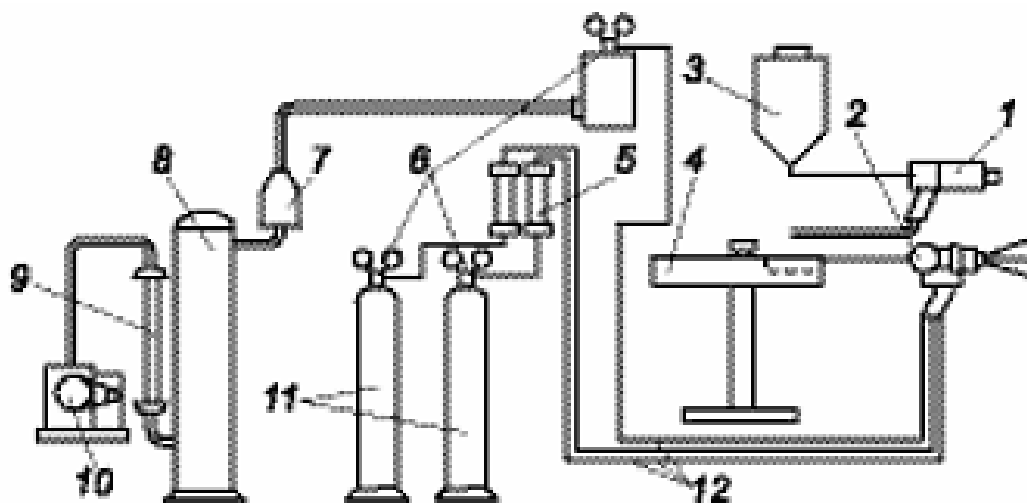
- полное отсутствие ограничений на сочетание используемых при напылении материалов;
- малый нагрев подложки (120...180°C),
- большая прочность напыляемого покрытия,
- простота техпроцесса и применяемого оборудования.

С применением данной технологии появляется возможность нанесения покрытий из цветных, черных, и тугоплавких материалов. Наносимые покрытия обладают высокими показателями контактной жесткости, высокими показателями износостойкости.

К недостаткам метода можно отнести следующие:

- уменьшение усталостной прочности по причине начала появления растягивающих остаточных напряжений,

- малая коррозионная стойкость наносимых покрытий ввиду образования пор различной величины.



- 1 - распылитель порошка; 2 –распылитель проволоки;
3 – питатель порошка; 4 –вращающийся стол с бухтой проволоки;
5 – ротаметры газовые; 6 – редуктор 7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр; 10 – компрессор; 11 – газовые баллоны

Рисунок 2.2 – Схема процесса газопламенного напыления деталей

2.3 Электродуговая металлизация

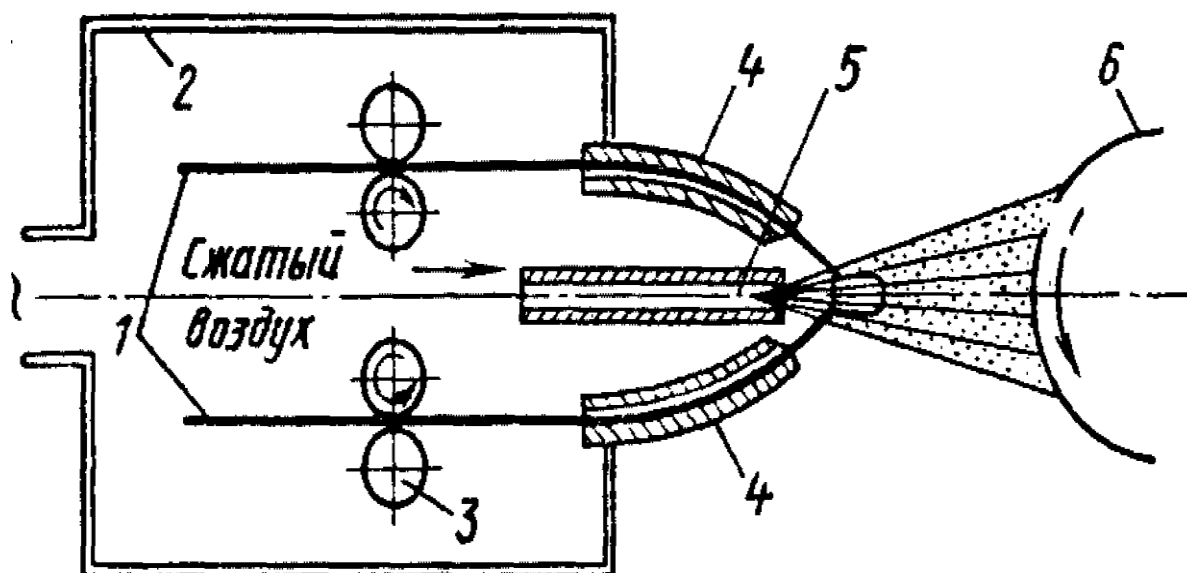
В процессе электродуговой металлизации получение покрытия происходит при распылении газовой струей расплавленного в процессе работы металла. Металл расплавляется между двумя электродами. Обычно в качестве электродов выступают напыляемые металлы. Осуществление процесса выполняется с применением специального прибора - металлизатора. Действие прибора (рис. 2.3) происходит следующим образом. При помощи специальных протяжных роликов по направляющим наконечникам без остановки происходит подача двух проволок 1. К ним подключен электрический ток. Дуга, которая возникает между проволоками, непосредственно плавит металл. В это же время в область дуги подается сжатый газ через воздушное сопло. Высокая скорость перемещения металлических частиц (120...300 м/с) и малое время их полёта, которое

составляет тысячные доли секунды, обуславливает пластическую деформацию металлической частицы в момент ее удара о поверхность детали, а также заполнение ударяемыми частицами всех неровностей и пор на обрабатываемой поверхности детали, сцепление частиц между собой и с поверхностью, и как следствие образование сплошного покрытия.

При применении электродугового напыления с использованием постоянного тока обеспечивается мелкозернистая структура наносимого покрытия. Исходя из этого, как источники питания используются различные источники постоянного тока с применением стабилизаторов напряжения. На температуру дуги влияют транспортирующий газ, а также состав электродной проволоки.

Основные достоинства электродугового напыления:

- производительность процесса;
- возможность нанесения нескольких видов покрытий одновременно и вследствие этого возможность получения так называемых псевдосплавов;
- высокая твёрдость напыляемого слоя.



1 – электродная проволока; 2 – токоподводы;

3 – подающие ролики; 4 – направляющие проволоки; 5 – сопло;

6 – восстанавливаемая деталь

Рисунок 2.3 – Схематическое изображение процесса металлизации

Недостатки способа:

- риск нагрева и вследствие этого окисления напыляемого материала при малой скорости подачи электродов;
- выделение значительного количества тепла при горении дуги, которое приводит к уменьшению количества легирующих элементов и снижению количества углерода в поверхностном слое, поэтому снижается поверхностная твердость и прочность покрытия и формируются растягивающие остаточные напряжения;
- прочность металлизированного слоя ниже прочности подложки.

При упрочнении деталей со слабым сечением не следует использовать металлизацию. Также следует учесть, что адгезия напыляемого слоя с основным металлом детали мала. Это важно при восстановлении деталей, которые находятся под действием динамических нагрузок, а также для деталей, которые работают в условиях сухого или полусухого трения.

При высокочастотной металлизации распыление металла идет через индукционный нагрев. Уникальность данной технологии связана с небольшими размерами частиц нагретого до жидкого состояния наносимого металла. К достоинствам данного способа относят:

- высокую прочность сцепления;
- малую пористость.

Недостатки способа: уменьшение усталостной прочности; микропрофиль поверхности детали невысокого качества [18].

2.4 Плазменная наплавка

К современным способам наплавки, которые активно применяются в промышленности и обладают наименьшими значениями глубины проплавления основного металла относятся различные варианты плазменной наплавки [21, 22].

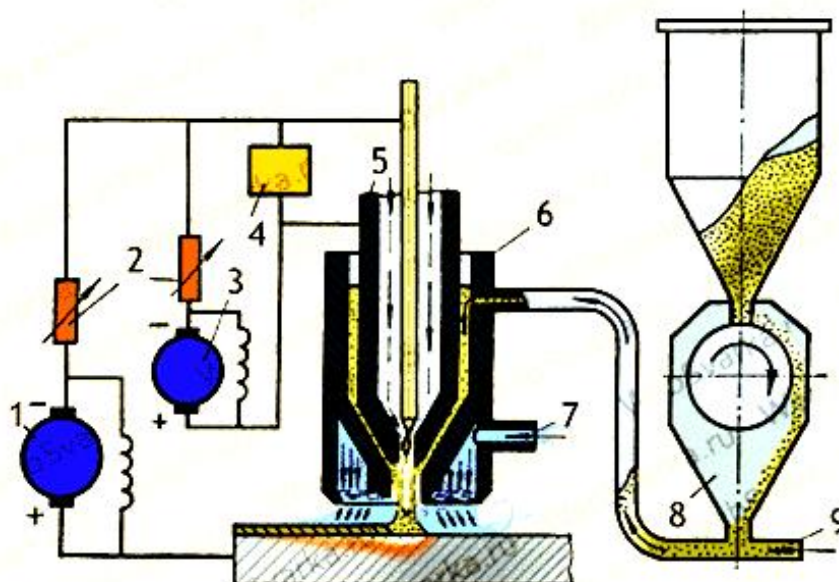
Низкотемпературная плазма в виде источника тепла все чаще применяется в металлургии и механической обработке материалов, как и для

наплавки. Плазменные способы наплавки позволяют получить хорошую производительность процесса, для них не нужно сложное оборудование и специализированные источники питания, они внедряются в любом цехе, участке, мастерской, словом там, где производится наплавка разнородных металлов.

Плазменно-порошковая наплавка нашла достаточно широкое применение в промышленности, 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 наплавляемого 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).

Данному способу присущи следующие достоинства:

- есть возможность одновременного нанесения различных материалов покрытий для создания поверхности с необходимыми свойствами;
- более высокая адгезия, чем для других способов металлизации, обеспечиваемая высокой скоростью частиц напыляемого металла и высокой их температурой в момент встречи с подложкой;
- термическое воздействие на поверхность подложки крайне низкое.
- Существуют механизмы для полной автоматизации операции.



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 введения защитного газа; 8 - питатель для подачи порошка; 9 – трубка для подачи газа с порошком

Рисунок 2.4 – Компонентная схема оборудования для проведения плазменной наплавки с использованием металлических порошков

Недостатки способа:

- малая прочность наносимого покрытия;
- большая пористость покрытия;
- неоднородность структуры покрытия и наличие растягивающих напряжений.

Исходя из этого при проектировании технологии плазменного напыления необходимо особо изучить допускаемую прочность и пористость наносимых покрытий исходя из действительных условий работы деталей и необходимых эксплуатационных свойств, которые необходимы для обеспечения работоспособности сборочной единицы.

2.5 Наплавка в среде углекислого газа

Для процесса наплавки в защитной среде с использованием углекислого газа (см. рис. 2.5) используют постоянный ток обратной полярности. Тип электрода и его марка подбирается исходя из материала обрабатываемой детали, а также необходимых свойств наносимого материала. Величина подачи проволоки определяется по силе тока, которая устанавливается таким образом, чтобы при наплавке не возникали короткие замыкания и обрывы дуги. Скорость наплавки определяется толщиной наносимого металла и необходимого качества при формировании наплавляемого слоя. Процесс наплавки валиков производят с шагом 2,5... 3,5 мм. Перекрытие последующих валиков предыдущих должно быть не менее чем на треть получаемой ширины валика.

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.

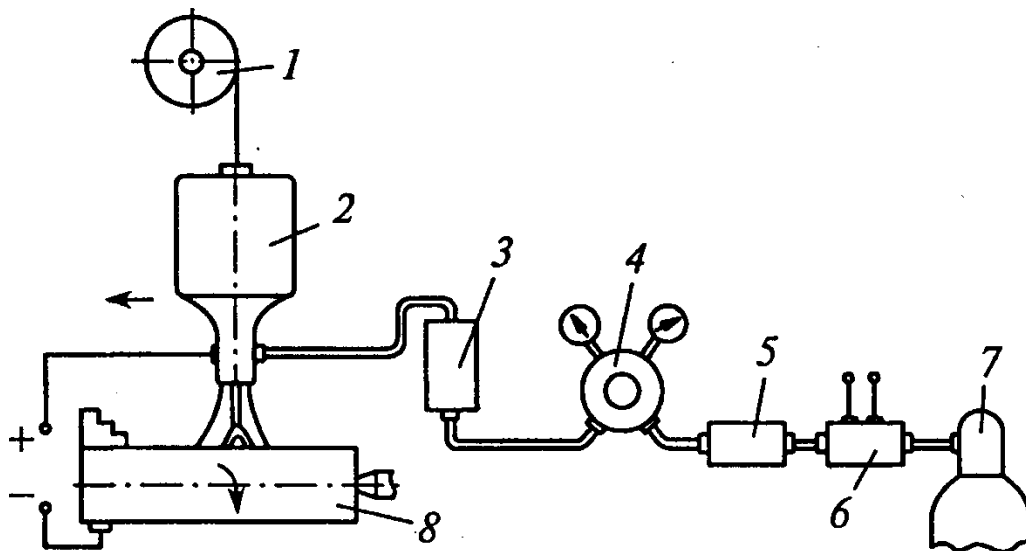
Выделим преимущества наплавки в среде защитных газов [20, 23, 24, 25]:

- крайне высокое качество наносимого покрытия применительно к разнообразным металлам и сплавам различных толщин;

- высокая прочность наносимого покрытия и возможность обеспечения однородности по химическому составу для наносимого покрытия и основного металла;
- возможность выполнения пространственной наплавки;
- возможность наблюдения за операцией, это важно при проведении полуавтоматической наплавки;
- отсутствие дополнительных операций, связанных с засыпкой и уборкой флюса и удалением шлака;
- высокая производительность и простота механизации и автоматизации технологии;
- низкая себестоимость технологии, при применении активных защитных газов.

К недостаткам механизированной наплавки в защитном газе относятся:

- склонность покрытия к трещинообразованию;
- высокие поверхностные напряжения;
- сильное разбрызгивание жидкого металла, которое приводит к засорению сопла горелки.



- 1 — кассета с проволокой; 2 — аппарат для наплавки; 3 — расходомер;
 4 — редуктор; 5 — осушитель; 6 — нагревательный элемент; 7 — баллон с защитным газом; 8 — восстанавливаемая деталь

Рисунок 2.5 – Схема оборудования для дуговой наплавки в углекислом газе

2.6 Заключение по второму разделу

В процессе анализа нами были рассмотрены технологии:

- 1) ручная дуговая наплавка с применением штучных электродов;
- 2) газопламенное напыление с применением металлических порошков;
- 3) электродуговая металлизация с применением проволок;
- 4) плазменная наплавка с применением металлических порошков;
- 5) наплавка в среде углекислого газа с применением проволоки сплошного сечения.

После рассмотрения преимуществ и недостатков описанных выше способов принимаем решение для проектного технологического процесса восстановления детали использовать наплавку в среде углекислого газа с применением проволоки сплошного сечения.

3 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ

3.1 Выбор защитной среды

Дуговые процессы сварки и наплавки в среде защитных газов необходимо проводить как в инертных, так и активных газах, кроме того в их смесях. При этом можно применить:

- чистый аргон (Ar) Б и В по ГОСТ 10157;
- первосортный технический гелий (He) по МРТУ 51-77;
- углекислый газ (CO₂) по ГОСТ 8050;
- кислород (O₂) газообразный технический по ГОСТ 5583.

Для операции сварки и наплавки на сталь 45 могут быть использованы защитные газы:

- чистый CO₂;
- инертные газы (Ar, He)
- смесь инертных газов с активными газами (Ar+CO₂).

Диоксид углерода долгое время преимущественно использовали в странах Восточной Европы и развивающихся странах благодаря его относительно низкой стоимости и доступности. Однако такие существенные недостатки сварки в CO₂ серийными кремнемарганцевыми проволоками, как повышенный уровень разбрызгивания и набрызгивания электродного металла, не широкое и глубокое проплавление основного металла с высоким валиком, зачастую плохие физико-механические свойства металла шва и особенно его ударная вязкость при отрицательных температурах стали причиной того, что в последнее время и в этих странах наблюдаются устойчивые тенденции к вытеснению CO₂ смесями газов на основе аргона в тех отраслях, где уделяется повышенное внимание к показателям качества металла шва и сварных соединений.

Среди некоторых промышленно развитых стран только продолжает сохраняться устойчиво высокие объемы применения сварки в CO₂ (около 70

% общего объема сварочных работ, выполняемых механизированной сваркой в защитных газах в Японии). Это связано с необходимостью экономии энергетических ресурсов, поскольку производство аргона по сравнению с CO_2 обладает повышенной энергоемкостью. Поэтому работы по уменьшению недостатков процесса сварки в CO_2 ведутся в направлении совершенствования источников питания или использования новых сварочных проволок как сплошного сечения, так и порошковых.

Развитие сварки плавлением как одного из важнейших технологических процессов в промышленности и строительстве тесно связано с разработкой способов защиты расплавленного металла от воздуха. Новые перспективы применения способа сварки сталей в активных защитных газах открыло использование смесей аргона с окислительными газами CO_2 и O_2 . Наибольшее распространение получили смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ и $\text{Ar} + \text{O}_2$. В зависимости от класса свариваемых сталей в составе смесей газов на основе аргона может присутствовать 0,5...8 % O_2 и 3...25 % CO_2 .

Применение при сварке плавящимся электродом окислительных газовых смесей на основе аргона позволило устранить или уменьшить влияние многих недостатков, которые свойственны процессу сварки в чистом углекислом газе. В частности, удалось значительно снизить разбрызгивание и набрызгивание электродного металла, повысить качество формирования швов, уменьшить расход электродной проволоки, улучшить механические свойства швов и повысить их стойкость против зарождения и распространения хрупких разрушений.

Известна защитная газовая смесь, состоящая из 80% $\text{Ar} + 15\% \text{CO}_2 + 5\% \text{O}_2$, обеспечивающая высокое качество металла сварных швов и значительное уменьшение разбрызгивания при сварке со струйным переносом электродного металла.

При отсутствии струйного переноса процесс сварки в этой смеси практически не отличается от сварки в CO_2 и характеризуется интенсивным разбрызгиванием электродного металла к грубо-чешуйчатым формированием

поверхности шва. Это значительно ухудшает внешний вид свариваемого изделия и как следствие сужает область применения защитных газовых смесей.

Для техпроцесса останавливаем свой выбор на наплавке в чистом углекислом газе. Это позволит получить качественную наплавку без использования комбинации различных газов.

3.2 Расчёт параметров режима наплавки

Основными параметрами режимов наплавки в углекислом газе проволоками сплошного сечения являются [22]: 1) род тока и его полярность; 2) диаметр электродной проволоки; 3) сила тока сварки; 4) напряжение дуги; 5) скорость подачи проволоки; 6) вылет электрода; 7) расход углекислого газа; 8) наклон электрода относительно шва и скорости сварки.

Род и полярность тока

При наплавке в защитной среде углекислого газа необходимо применить постоянный ток обратной полярности ввиду неустойчивого горения дуги при сварке током прямой полярности. Переменный ток есть смысл использовать только в совокупности с осциллятором, но для большинства рассматриваемых вариантов рекомендуется использовать только постоянный ток.

Диаметр электродной проволоки

Для расчетов используем проволоку с диаметром 0,8 мм. Данный размер должен обеспечить стабильность при поддержании горения дуги и переносе металла в зоне расплава.

Сила тока сварки

Расчет тока сварки при сварке проволокой сплошного сечения выполняем по формуле:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot a}{4}, \quad (3.1)$$

где $I_{св}$ – ток сварки, А;

$d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм;

a – плотность тока в электродной проволоке ($a=110\dots130$ А/мм²).

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 130}{4} = 65 \text{ А.}$$

Напряжение на дуге

Напряжение дуги прямо пропорционально длине дуги. С ростом напряжения дуги растет ширина шва и снижается глубина его провара. Устанавливаем напряжение дуги при выборе силы тока сварки. При наплавке выбираем минимально допустимое напряжение дуги ввиду необходимости минимального проплавления.

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираем из расчета силы тока сварки по табл. 2.2. Принимаем U_d при наплавке 17...20 В.

Таблица 3.1 – Показатели напряжения дуги и расхода защитного газа в зависимости от силы тока сварки

Сила тока сварки, А	50...60	90...100	150...160	220...240	280...300
Напряжение дуги, В	17...28	19...20	21...22	25...27	28...30
Расход углекислого газа ,л/мин	8...10	8...10	9...10	15...16	15...16

Скорость подачи электродной проволоки

Величину скорости подачи проволоки обуславливает устойчивое горение дуги при подобранном напряжении.

Величину подачи проволоки $V_{пр}$ подбираем исходя из принятого тока сварки $I_{св}$ и диаметра сварочной проволоки $d_{пр}$ по формуле:

$$V_{пр} = \frac{4a_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_э^2 \cdot \rho}, \quad (3.2)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч;

ρ - плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Значение α_p рассчитывается по формуле:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_p}. \quad (3.3)$$

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{65}{0,8} = 9,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; \quad V_{пр} = \frac{4 \cdot 9,5 \cdot 65}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 7,8} = 157 \text{ м/ч}.$$

Вылет электрода

Расстояние между концом и выходом из мундштука электрода – вылет электрода. Значение вылета существенно влияет на устойчивость протекания операции сварки и качество получаемого сварного соединения. Увеличение вылета способствует ухудшению устойчивости горения дуги и формированию сварного соединения, также происходит увеличение разбрызгивания. При сварке с незначительным вылетом ухудшается возможность наблюдения за процессом сварки и зачастую быстро выходит из строя контактный наконечник. Значение вылета необходимо подбирать от диаметра электродной проволоки.

Ввиду значительного увеличения устойчивости горения дуги и переноса металла с применением предлагаемого нами способа есть возможность выбрать максимальный вылет электрода. Он в данном случае для проволоки $\varnothing 0,8$ мм будет 8...15 мм.

Расход защитного газа

Расход защитного газа подбираем от величины силы тока, скорости сварки, выбранного типа сварного соединения, а также вылета электрода. В среднем газ расходуется со скоростью от 5 до 20 л/мин.

Для тока 65 А в соответствии с табл. 3.1 принимаем расход защитного газа пределах 8...10 л/мин.

Скорость наплавки

При превышении рекомендуемых величин скорости наплавки конец электрода может покинуть защитную среду и произойдет его окисление на воздухе.

Скорость наплавки рассчитывается согласно формулы:

$$V_H = \frac{a_H \cdot I_{CB}}{100 \cdot F_B \cdot \rho}, \quad (3.4)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч, $a_1 = a_0(1 - \psi)$, где ψ - коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в CO_2 $\psi=0,1 \dots 0,15$);
 F_B – площадь поперечного сечения наплавленного валика, см²
(принимаем 0,05 см²);

$$a_H = 9,5(1 - 0,1) = 8,55 \text{ г/А·ч}; \quad V_{CB} = \frac{8,55 \cdot 65}{100 \cdot 0,05 \cdot 7,8} = 14,25 \text{ м/ч.}$$

3.3 Приспособление для операции наплавки

Стойка для наплавки (рис. 3.1) состоит из плиты 1, узла линейного перемещения 2, бегунка 3, головки сварочной 4, стойки 5, консоли 6, кассеты 7, следящих электродвигателей 8.

Она предназначена для настраивания ориентации сварочной головки 4 относительно наплавляемой поверхности на валу и дальнейшего автоматизированного перемещения сварочной головки при выполнении наплавки по образующим. При наплавке валика сварочная головка расположена на стойке 5. После наплавки валика производится смещение головки на расчетную величину, Для этого задействуется модуль линейного перемещения 2 и бегунок 3. На консоли 6 закреплена кассета 7 со сварочной проволокой. Положение головки задано через следящие электродвигатели 8.

ШВП – это наиболее применяемый вид передачи винт-гайка качения.

Она используется при преобразовании из вращательного движения в возвратно-поступательное. ШВП использует основные технические преимущества передач типа винт-гайка скольжения, но при этом отсутствуют недостатки в виде низкого КПД, повышенных потерь на трении, а также повышенного износа.

Конструктивно ШВП состоит из винта и гайки с криволинейными винтовыми канавками. Канавки являются дорожками качения для винта и гайки шариков, которые размещены между витками.

При работе передачи шарики, когда проходят по винтовым канавкам на винте свой виток, выкатываются из резьбы в перепускной канал вкладыша, переваливаются через выступы резьбы, а затем происходит их возврат в исходную позицию на тот же или на соседний виток. Особый тип исполнения гайки использован в передачах с многозаходной резьбой.

Кантующее приспособление выполняет функции:

- зажима вала в зажимном патроне,
- продольного перемещения вала при наплавке валика,
- вращения вала при смене наплавляемой грани.

Это приспособление позволяет смещать детали во время операции сварки и равномерно регулирует скорости линейного перемещения наплавляемой детали. Это достигается применением в конструкции клиноременного вариатора для плавного изменения частоты вращения после пробных наплавов. Каретка с двумя зажимными патронами может поступательно перемещаться относительно жёстко установленной станины. Один из патронов – ведущий – при его помощи осуществляется поворот вала при смене наплавляемой грани.

Приспособление (рис. 3.2) включает: электродвигатель 1, клиноремённый вариатор 2, цилиндрическую 3 и червячную 4 передачи, шпиндели 5, каретку в сборе 6, основание 7.

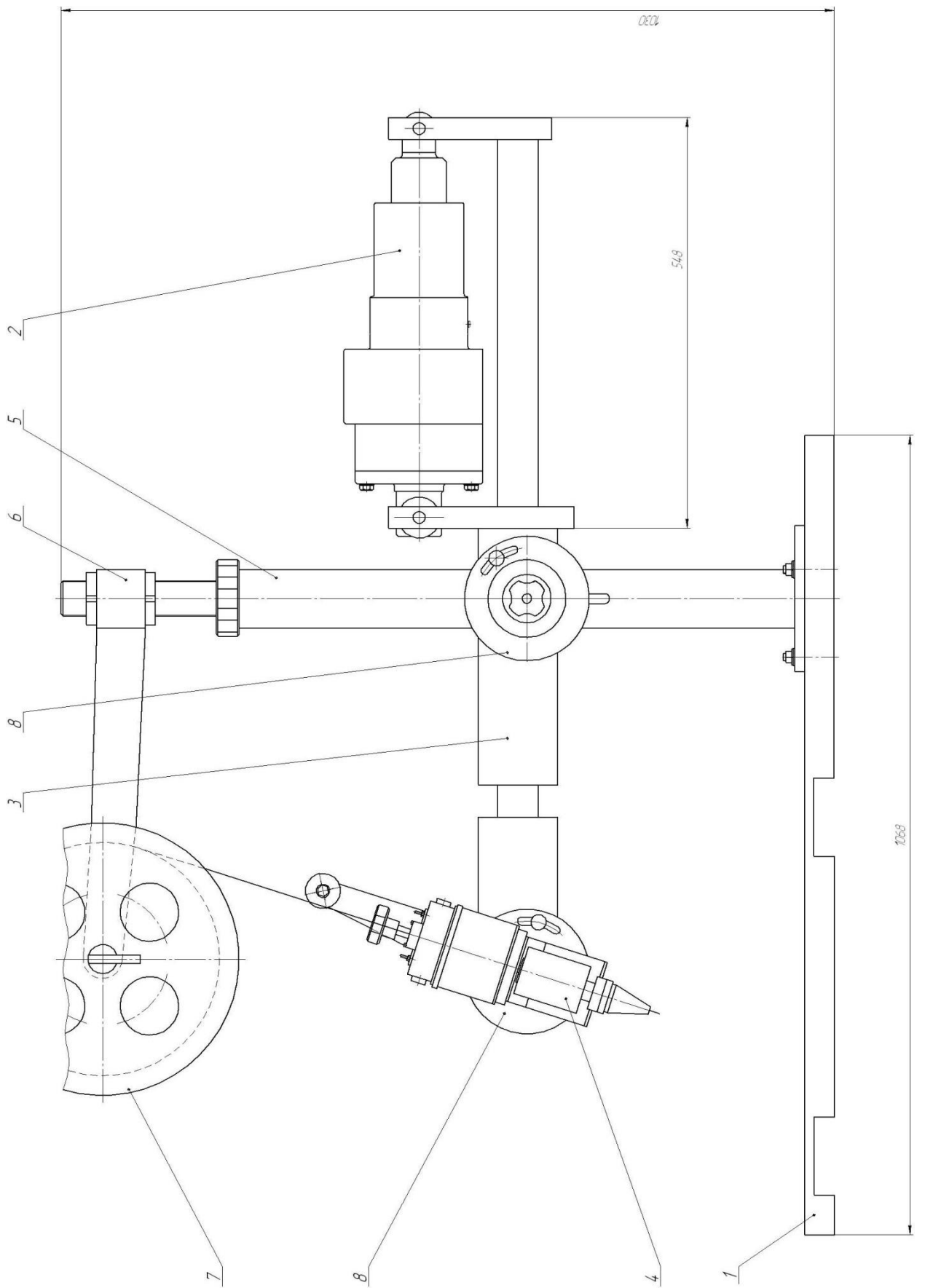


Рисунок 3.1 – Стойка для наплавки в сборе

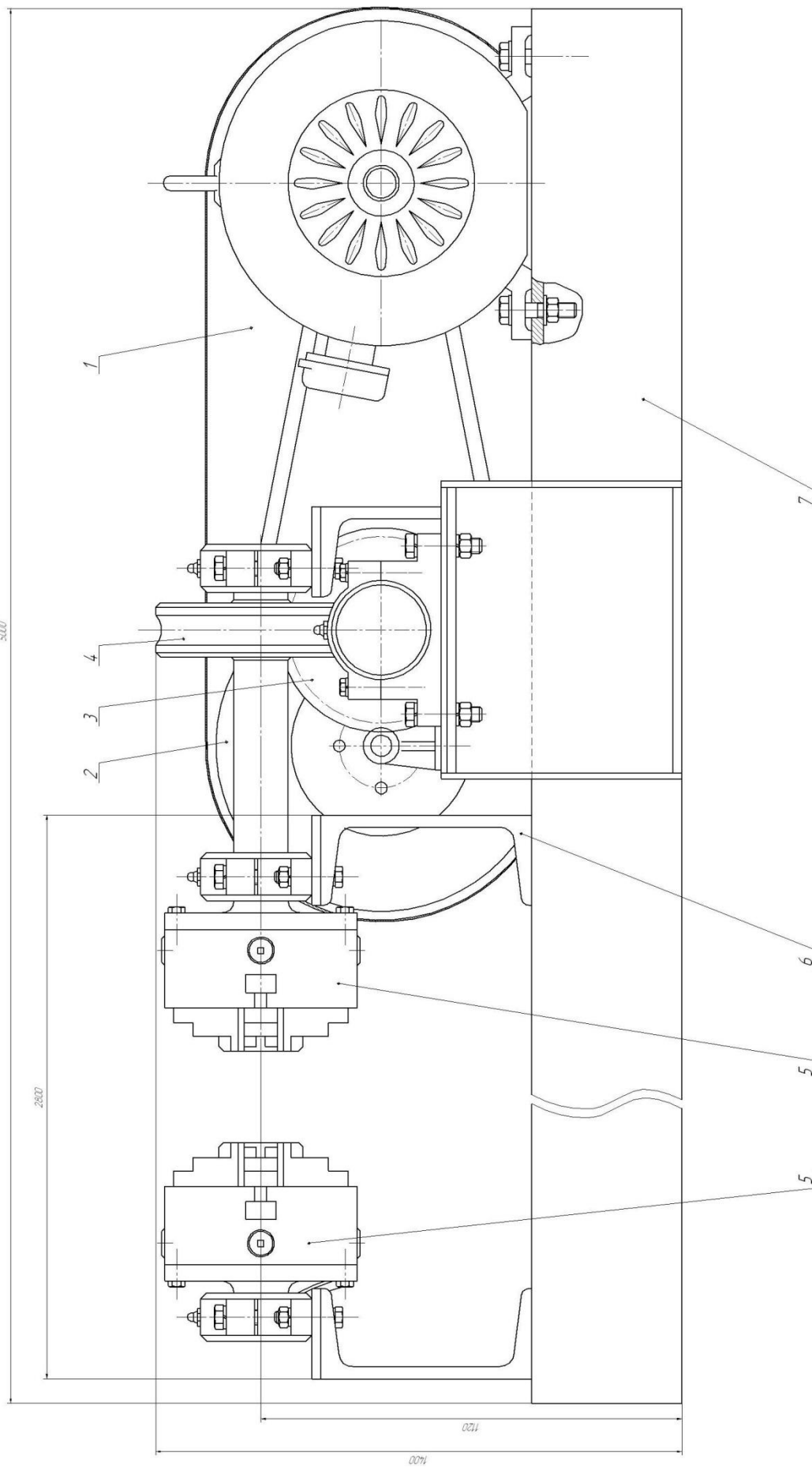
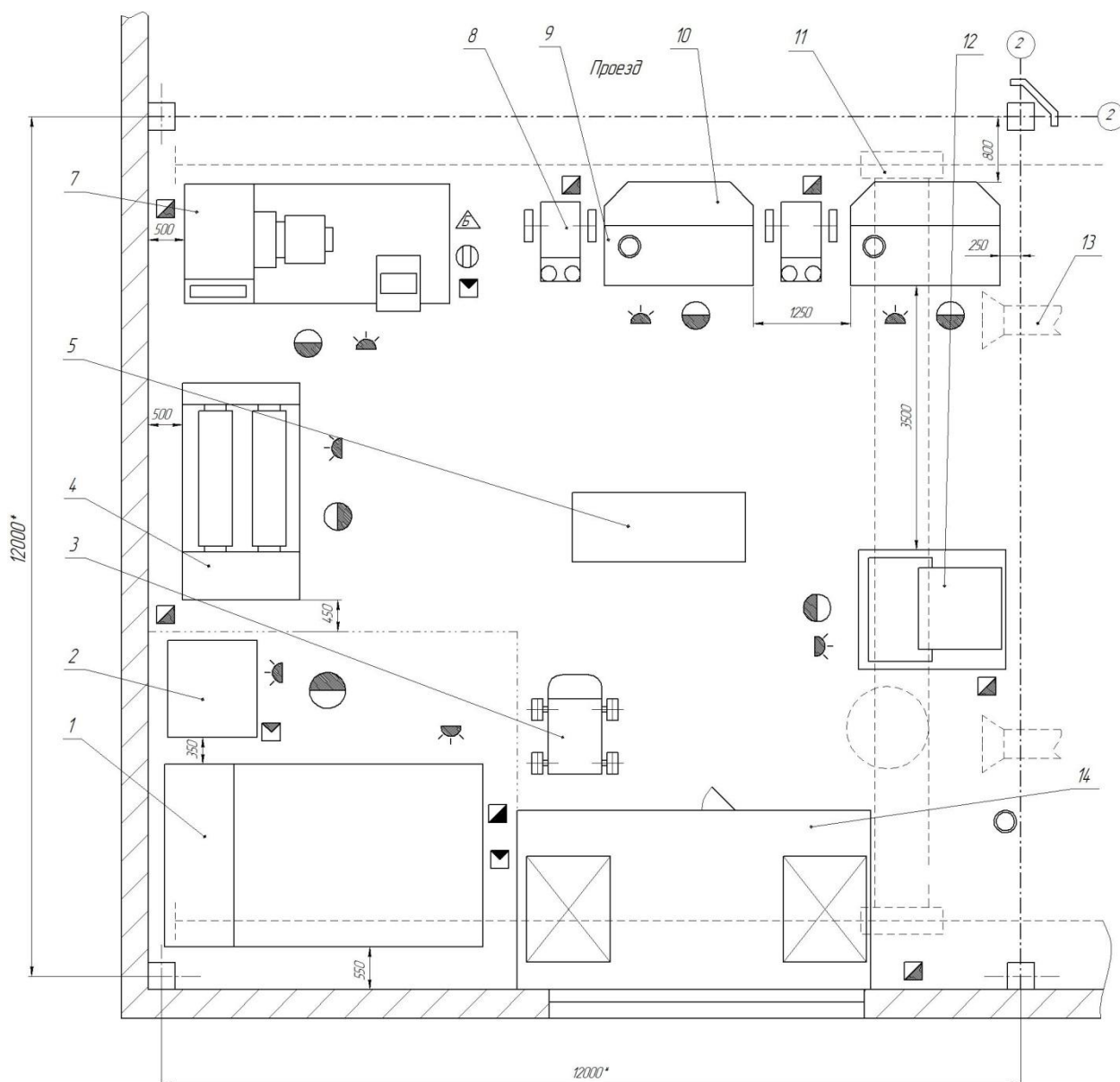


Рисунок 3.2 – Кантующее приспособление

3.4 Планировка участка

Общие размеры участка, на котором планируется внедрение технологии - длина 12000 мм, ширина 12000 мм. Участок расположен в осях колонн: 1-2, 1-2.



- 1 – пост дефектовки; 2 – шкаф для оборудования; 3 – тележка инвентарная;
4 – зачистной пост; 5 – ящик с песком; 6 – склад для расходного инвентаря и СИЗ; 7 – станок токарный;
8 – источники питания; 9 – сварочный стол; 10 – сварочная кабина; 11 – кран;
12 – пост послеоперационного контроля; 13 – вентиляционный узел

Рисунок 3.1 – Участок для наплавки

4 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

4.1 Технологическая характеристика объекта

Восстановительная наплавка вала оснастки включает в себя следующие операции: 1) дефектовку; 2) подготовка дефектного места; 3) предварительный подогрев; 4) выполнение наплавки; 5) охлаждение; б) осуществление контроля качества.

Проблему улучшения санитарно-гигиенических характеристик в зоне сварки решают путем разработки и оборудования рабочего места сварщика местной вытяжной, комплектации сварочных головок и держателей для механизированной сварки соплами специальной конструкции, позволяющими осуществлять отсос сварочного аэрозоля, или применения защитной маски с системой принудительной подачи очищенного воздуха.

Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса ремонтной сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Дефектовка	Инженер - дефектоскопист	Щётка металлическая; Машинка шлифовальная; Лупа х4; Штангенциркуль; Линейка стальная; Стол дефектовщика	Круги абразивные; Ацетон; Ветошь
2. Очистка рабочей поверхности	Слесарь-сборщик	Щётка металлическая; Машинка шлифовальная; Лупа х4; Штангенциркуль; Линейка стальная; Стол дефектовщика	Круги абразивные; Ацетон; Ветошь
3. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая; Машинка угловая шлифовальная	Круги абразивные; Ацетон; Ветошь;
4. Осуществление восстановительной наплавки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Выпрямитель ВДУ-506; Наплавочная головка; Механизм подачи	Углекислый газ; Проволока Нп-30ХГСА
5. Проведение контроля качества восстановленного изделия	Инженер - дефектоскопист	Щётка металлическая; Лупа х4; Штангенциркуль; Линейка стальная; Стол дефектовщика; Пресс Роквелла	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1	2	3
1. Дефектовка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Лупа, твердомер ТН-134, края детали
2. Очистка рабочей поверхности	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации 	Щётка металлическая; Машинка шлифовальная; Лупа х4; Штангенциркуль; Линейка стальная; Стол дефектовщика
3. Подготовка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; 	Щётка металлическая; Машинка шлифовальная; Лупа х4; Штангенциркуль; Линейка стальная; Стол дефектовщика

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
4. Осуществление восстановительной наплавки	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Установка дуговой наплавки
5. Проведение контроля качества восстановленного изделия	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Лупа, твердомер ТН-134

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предупреждающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при пожаре	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 – Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется восстановительная наплавка	Установка наплавки, термическая печь	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, контроль качества	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, контроль качества	Подготовка дефектного участка, восстановительная наплавка, термическая обработка	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 4.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Ремонтная наплавка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

4.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

5.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановительной наплавки. При выполнении базовой технологии наплавки предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на механизированную наплавку в защитном газе. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить с учётом операций технологии восстановительной наплавки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии.

Таблица 5.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	IV

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	120
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	8	11
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонг Кдем	%	3	2
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	24000	160000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	3,6	5,0
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,79	1,79
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1

1	2	3	4	5	6
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	tмаш	час	1,5	0,6
25	Количество лет службы вала до его выбраковки	Тб/Тпр	лет	2	3

5.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{П} \cdot T_{П}) \cdot C, \quad (5.1)$$

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

$D_{П}$ – общее количество предпраздничных дней;

$T_{П}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (5.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (5.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (5.2) заданные значения, получим:

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

5.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (5.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (5.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,89 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,76 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (5.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (5.4) необходимые значения, получим:

$\text{Пг}_{\text{.баз.}} = 2054/1,89 = 1200$ изделий за год;

$\text{Пг}_{\text{.проектн.}} = 2054/0,76 = 2702$ изделий за год.

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $\text{Пг} = 1200$ изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \text{Пг}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (5.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

Пг – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (5.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{1,89 \cdot 1200}{2054 \cdot 1,1} = 1,0$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,76 \cdot 1200}{2054 \cdot 1,1} = 0,40$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (5.6)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – рассчитанное согласно (5.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (5.6) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{зб}} = 1/1 = 1$$

$$K_{\text{зп}} = 0,4/1 = 0,4$$

5.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (5.7)$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость сварочных материалов;

$K_{\text{т-з}}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для восстановления изделия предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на механизированную наплавку в защитном газе. Расчёт затрат на материалы производим исходя из описания технологического процесса сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158,05 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной и дополнительной заработных плат. Для расчётного определения основной заработной платы используем зависимость:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (5.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает затраты на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (5.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 1,89 \cdot 150 \cdot 1,88 = 533,00 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,76 \cdot 120 \cdot 1,88 = 171,46 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100 \quad (5.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты на отчисления на дополнительную заработную плату

Подставив в (5.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.баз.}} = 533,00 \cdot 12 / 100 = 63,96 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 171,46 \cdot 12 / 100 = 20,58 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{баз.}} = 533,00 + 63,96 = 596,96 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 171,46 + 20,58 = 192,04 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{\text{сс}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сс}} / 100, \quad (5.10)$$

где $K_{\text{сс}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (5.10) необходимые значения, получим:

$$O_{\text{сс.баз.}} = 596,96 \cdot 34 / 100 = 202,97 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сс.проектн.}} = 192,04 \cdot 34 / 100 = 65,29 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (5.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{F_{э} \cdot 100} \quad (5.12)$$

где $Ц_{об}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$На$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (5.12) необходимые значения, получим:

$$A_{обб} = \frac{11400 \cdot 1,5 \cdot 21 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 1,75 \text{ рублей}$$

$$A_{обпр} = \frac{67200 \cdot 0,6 \cdot 21 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 4,12 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{э-э} = \frac{M_{УСТ} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (5.13)$$

где $M_{УСТ}$ – принятое значение мощности установки;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии;

$КПД$ – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (5.13) необходимые значения, получим:

$$P_{э-эб} = \frac{3,6 \cdot 1,79 \cdot 1,5 \cdot 1}{0,7} = 13,81 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{5,0 \cdot 1,79 \cdot 0,6 \cdot 1}{0,7} = 7,67 \text{ рублей}$$

$$З_{оббаз.} = 1,75 + 13,81 = 15,56 \text{ руб.}$$

$$З_{обпроектн.} = 4,12 + 7,67 = 11,79 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (5.14)$$

где $P_{пл}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{пл} = \frac{C_{ЭКСПЛ} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_3}, \quad (5.15)$$

где $C_{ЭКСПЛ}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (5.15) необходимые значения, получим:

$$P_{плб} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 16}{4108} = 156 \text{ руб.}$$

$$P_{плпр} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6}{4108} = 58 \text{ руб.}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{пл} = \frac{Ц_{пл} \cdot На_{пл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_3 \cdot 100}, \quad (5.16)$$

где $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (5.16) необходимые значения, получим:

$$A_{плб} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 1,89 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 4,64$$

$$A_{плпр} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 0,76 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 2,56$$

$$З_{плбаз.} = 4,64 + 13,25 = 17,89 \text{ руб.}$$

$$З_{плпроектн.} = 2,56 + 7,33 = 9,89 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{об} + З_{пл} \quad (5.17)$$

Подставив в (5.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 129,6 + 596,96 + 202,97 + 15,56 + 17,89 = 962,98 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 158,05 + 192,04 + 65,29 + 11,79 + 9,89 = 437,06 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (5.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 962,98 + 533,00 \cdot 1,5 = 962,98 + 799,50 = 1762,48 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 437,06 + 171,46 \cdot 1,5 = 437,06 + 257,19 = 694,25 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (5.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (5.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1762,48 + 533,00 \cdot 2,15 = 1762,48 + 1145,95 = 2980,43 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 694,25 + 171,46 \cdot 2,15 = 694,25 + 368,64 = 1062,89 \text{ руб.}$$

5.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 5.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Затраты на материалы	М	129,6	158,05
2	Объём фонда заработной платы	ФЗП	596,96	192,04
3	Размер отчислений на социальные нужды	О _{СН}	202,97	65,29
4	Объём затрат на поддержание работы оборудования	Зоб	15,56	11,79
5	Объём расходов на обслуживание производственных площадей	Зпл	17,89	9,89
	Размер технологической себестоимости.	Стех	962,98	437,06

6	Объём цеховых расходов	Рцех	799,50	257,19
	Размер цеховой себестоимости	Сцех	1762,48	694,25
7	Объём заводских расходов	Рзав	1145,95	368,64
	Размер заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	2908,43	1062,89

5.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (5.20)$$

где K_3 – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (5.21)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (5.20) и (5.21) необходимые значения, получим:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 24000 - (24000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 11400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 11400 \cdot 1 = 11400 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}} \quad (5.22)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектно}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (5.23)$$

Подставив в (5.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 1 \cdot 160000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 67200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (5.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (5.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (5.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 24000 \cdot 3/100 = 720 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (5.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (5.24) и (5.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 160000 \cdot 2/100 = 3200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 720 + 3200 = 3920 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОбщПроектн.}} = 67200 + 3600 + 3920 = 74720 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{Доп}} = K_{\text{ОбщПр}} - K_{\text{ОбщБ.}} \quad (5.27)$$

Подставив в (5.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{Доп}} = 74720 - 11400 = 63320 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (5.28)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

Подставив в (5.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 11400 / 1200 = 9,50 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 74720 / 1200 = 62,27 \text{ руб./ед.}$$

5.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПр}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (5.29)$$

Подставив в (5.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,89 - 0,76}{1,89} \cdot 100\% = 60\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.30)$$

Подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (5.31)$$

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{962,98 - 437,06}{962,98} \cdot 100\% = 55\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot P_{\Gamma} \quad (5.32)$$

Подставив в (5.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (2980,43 - 1062,89) \cdot 1200 = 2301048 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (5.33)$$

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{63320}{2301048} = 0,03$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 1786400 - 0,33 \cdot 31942 = 1775859 \text{ руб.}$$

Размер годового экономического эффекта в сфере эксплуатации определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{гэ}} = [C_{\text{завб}} \cdot T_2/T_1 - (C_{\text{завпр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot P_{\Gamma} \quad (5.35)$$

где T_2 и T_1 – срок службы по проектному и базовому вариантам соответственно.

Подставив в (5.35) необходимые значения, получим:

$$\text{Эгэ} = [(2980,43 \cdot 3/2 + 0,33 \cdot 9,50) - (1062,89 + 0,33 \cdot 62,27)] \cdot 1200 = 4068409 \text{ руб.}$$

Суммарный экономический эффект

$$\text{Э}\Sigma = \text{Эгг} + \text{Эгэ} = 2280151 + 4068409 = 6348560 \text{ руб.}$$

5.8 Заключение по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 60 %, увеличение производительности труда на 150 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 55 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 1,78 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 6,34 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,03 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановительных операций деталей машин из стали 45 на примере разжимного кулака.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи, при решении которых можно достигнуть поставленной цели:

- 1) Выполнить литературный обзор по тематике восстановления деталей машин различными методами сварки и подобрать наиболее подходящий для данной детали способ сварки;
- 2) Выполнить оптимизацию способа и повышение эффективности восстановления для рассматриваемой детали;
- 3) Составить проектную технологию восстановления базируясь на современные достижения в области сварочной науки.

В процессе анализа нами были рассмотрены технологии: 1) ручная дуговая наплавка с применением штучных электродов; 2) газопламенное напыление с применением металлических порошков; 3) электродуговая металлизация с применением проволок; 4) плазменная наплавка с применением металлических порошков; 5) наплавка в среде углекислого газа с применением проволоки сплошного сечения.

После рассмотрения преимуществ и недостатков каждого способа принято решение для проектного технологического процесса восстановления детали использовать наплавку в среде углекислого газа с применением проволоки сплошного сечения.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения восстановительной наплавки изделий. При выполнении базовой технологии предусматривается ручная дуговая наплавка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой наплавки на автоматическую

наплавку в защитном газе. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества проводимых наплавочных работ.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Произведена оценка экономической эффективности проектной технологии. Величина годового экономического эффекта в сфере производства, полученная с учетом затрат на дополнительные капитальные вложения, составила 6,34 млн. рублей. Сделан вывод о том, что предлагаемая технология ремонтной наплавки обладает экономической эффективностью.

На основании изложенного цель выпускной квалификационной работы можно считать достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Лобанов, М.Л. Новые возможности механизированной дуговой точечной сварки с применением импульсных воздействий / Л.М. Лобанов, В.А. Лебедев, С.Ю. Максимов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2012. – № 5. – С. 17–22.

[2] Amin M. Pulse current parameters for arc stability and controlled metal transfer in arc welding / M. Amin // Welding Journal. – 1983. – № 5. – P. 272–278.

[3] Патон, Б.Е. Использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки / Б.Е. Патон, В.А. Лебедев, С.И. Полосков, И.В. Лендел // Сварка и диагностика. – 2013. – № 6. – С. 16–20.

[4] Лебедев В.А., Лендел И.В. Исследование технологических возможностей дуговой сварки и наплавки с импульсной подачей электродной проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел // Научные технологии в машиностроении. – 2015. – № 9. – С. 20–27.

[5] Лебедев, В.А. Особенности сварки сталей с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2007. – №. 8. – С. 30–35.

[6] Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.

[7] Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

[8] Лебедев, В.А. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной

проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 3. – С. 25–30.

[9] Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов / Под ред. И.К. Походни. – Киев: Наук. думка, 1990. – 224 с.

[10] Ланкин, Ю.Н. Показатели стабильности процесса дуговой сварки плавящимся электродом / Ю.Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 7–15.

[11] Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.

[12] Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // Welding J. — 1993. — № 1. — P. 25–29.

[13] Рябцев И.А., Сенченков И.К. Теория и практика наплавочных работ. – Киев: Екотехнологія, 2013. – 400 с.

[14] Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.

[15]. Жерносеков А.М. Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2012. – № 1. – С. 33–38.

[16] Грибенченко, А.В. Совершенствование технологии восстановления деталей машин сельскохозяйственного назначения плазменной наплавкой: автореферат на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Волгоград: Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. – 2006.

[17] Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.

- [18] Молодык Н. В. Восстановление деталей машин / Зенкин А.С., Молодык Н. В. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
- [19] Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / Акулов А.И. Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. – М.: Машиностроение, 1977
- [20] Characteristics of plasma arc welding with wire addition / T. Hiroya, M. Misuaki, I. Shaji, S. Itsuhiko // Trans. Sap. Welding Sos. – 1978. – № 1. – P. 35–40.
- [21] Краснов, А.Н. Низкотемпературная плазма в металлургии / А.Н.Краснов, С.Ю.Шаривкер, В.Г.Зильберберг М., Металлургия, 1970.
- [22] Плазменная наплавка металлов. Вайнерман А.Е., Шоршоров М.Х., Веселков В.Д., Новосадов В.С., изд -во «Машиностроение», 1969 г., 192 с.
- [23] Goecke S.F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat // EWM hightec welding GmbH, 2005.
- [24] Неверов В.В. Разработка технологии наплавки износостойких сплавов при изготовлении биметаллических изделий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Неверов В.В. – 2007.
- [25] Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М. Машиностроение. 1985. 239 с.
- [26] Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- [27] Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- [28] Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.