

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 реновации запорной арматуры нефтехимических
производств

Студент

М.С. Боков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В.Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В.Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« » 2017 г.

Тольятти 2017 г.

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Боков Максим Сергеевич

1. Тема «Технология реновации запорной арматуры нефтехимических производств»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 1 мая 2017г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы АО "КНПЗ", материалы по практикам и научно-исследовательским работам
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение (краткое состояние вопроса, обоснование актуальности темы, формулировка цели)

Раздел 1. Анализ состояния вопроса (описание изделия, описание материала изделия, базовая технология ремонтной наплавки, анализ недостатков базовой технологии, критический анализ известных решений по теме проекта, задачи проектирования)

Раздел 2. Проектная технология ремонтной наплавки (выбор схемы наплавки, повышение эффективности наплавки, описание операций технологического процесса наплавки, параметры режима наплавки, применяемое оборудование и наплавочные материалы)

Раздел 3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений (сформулировать опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие внедрение предлагаемых решений, предложить средства снижения воздействия этих факторов, рассмотреть обеспечение пожарной и экологической безопасности)

Раздел 4. Экономическое обоснование предлагаемых решений (доказать экономическую эффективность внедрения предлагаемых решений в производство)

Заключение по проекту (с доказательством достижения поставленной цели)

Библиографический список

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Изделие – 1 лист

Базовая технология восстановления – 1...2 листа

Анализ способов восстановления – 1 лист

Проектная технология восстановления – 1...2 листа

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: В.Г. Виткалов

«Экономическая эффективность»: И.В. Краснопевцева

«Безопасность и экологичность»: И.В. Дерябин

7. Дата выдачи задания «13» февраля 2017 г.

Заказчик (указывается должность, место работы)

Ученая степень, ученое звание) _____

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

М.С. Боков

(И.О. Фамилия)

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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Боков Максим Сергеевич

по теме: «Технология реновации запорной арматуры нефтехимических
производств»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Характеристика изделия, принцип действия, условия эксплуатации, требования к сварным соединениям	16.01.17 – 30.01.17	30.01.17	выполнено	
2. Анализ технологии, сварочного и технологического оборудования, применяемого для выполнения сварных швов при изготовлении изделия	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
3. Анализ известных технических решений по теме	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
4. Выбор сварочных материалов, оборудования и назначение параметров режима сварки.	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
5. Разработка проектной технологии и технологической карты	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
6. Безопасность и экологичность проекта	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнено	
7 Технико-экономическое обоснование проекта	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

А.С. Климов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

М.С. Боков

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В больших объемах для восстановления деталей запорной арматуры используют ручную и механизированную дуговую наплавку. Возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам наплавленного металла, а также к качеству наплавленных деталей и технологиям их изготовления обусловили переход к новым материалам и способам наплавки.

Цель работы – повышение производительности восстановления и качества реновации запорной арматуры нефтехимических производств.

В работе решены следующие задачи:

1. Подобрать наплавочный материал, обеспечивающий увеличение срока службы восстановленной детали.
2. Разработать технологический процесс наплавки.
3. Предусмотреть мероприятия по обеспечению безопасности жизни и здоровья производственного персонала
4. Экономически обосновать предложенные технические решения

От внедрения проектной технологии предполагаемый годовой экономический эффект составит 7,379 млн. руб.

Пояснительная записка включает 69 страниц, содержит 11 таблиц, 34 библиографических наименований, 21 рисунок. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделие и условий его работы	9
1.2 Базовый процесс восстановления	15
1.3 Анализ способов восстановления	20
1.4 Формулировка задач проекта	31
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ	
2.1 Выбор схемы плазменной наплавки	32
2.2 Выбор наплавочного материала	36
2.3 Параметры режима наплавки	37
2.4 Оборудование для плазменной наплавки	40
2.5 Схема питания плазматрона	41
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	45
3.2 Идентификация персональных рисков	46
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	47
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	48
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	50
3.6 Заключение по разделу	51
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	66

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на предприятиях машиностроения и ресурсодобывающих предприятиях наблюдается повышение степени износа деталей и оборудования, ограниченность финансовых ресурсов из-за нестабильности цен и нарастающего кризиса неплатежей. В таких условиях актуальным становится применение современных технологий при восстановлении эксплуатационных свойств и повышении надёжности ответственных и дорогостоящих деталей агрегатов [1].

В энергетической, нефтехимической, судостроительной и машиностроительной сфере широкое применение получило восстановление деталей запорной арматуры при помощи наплавки. Выбор наплавочных материалов для восстановления деталей запорной арматуры производят с учётом назначения и условий её эксплуатации, при этом предпочтение отдают сплавам на основе никеля, кобальта и железа. При этом ручные способы наплавки, а также механизированная дуговая наплавка занимают самые большие объёмы. Возрастание требований по обеспечению эксплуатационных характеристик наплавленного металла, а также по обеспечению качества проведения наплавочных работ заставляют осуществлять переход на использование новых прогрессивных технологий, материалов и способов наплавки [2]. Рациональность выбора того или иного способа наплавки деталей запорной арматуры определяется следующими факторами: дефицитностью и ценой наплавочных сплавов; требованиями к качеству наплавленного металла; допустимым содержанием железа в наплавленном слое (в случае при наплавки кобальтовых и никелевых сплавов); требуемой величиной проплавления; производительностью наплавки и др. Учет этих обстоятельств предоставляет определенные преимущества способам наплавки, которые позволяют обеспечить минимального проплавления основного металла и малой толщины наплавленного слоя.

Также необходимо учитывать, что для разработки и реализации на производстве новых технологий восстановления и упрочнения для каждой конкретной детали необходим индивидуальный подход при анализе и выборе способа восстановления и оптимальных параметров наплавки [3].

Одним из ответственных элементов оборудования, подвергающегося постоянному износу и требующих периодической замены, является запорная арматура магистральных и технологических трубопроводов. Надежность работы запорной арматуры является одним из важнейших показателей работы предприятий нефтегазового сектора и других транспортировочных систем. Предупреждение выхода оборудования из строя проводится путём проведения плановых и аварийных работ, предусматривающих ремонт или замену узлов запорной арматуры. Применение ремонтных технологий позволяет продлить срок службы элементов в несколько раз и при этом существенно экономить средства за счёт отказа от приобретения новых комплектующих. Как показывает практика, финансовые затраты при проведении мелкого, среднего и капитального ремонтов лежат в диапазоне от 10...50 % от стоимости новой детали арматуры [4, 5, 6]. Это позволяет вполне определенно судить об экономической эффективности применения ремонтных технологий к узлам запорной арматуры, при этом в выигрыше окажутся как поставщик энергетических ресурсов, так и их конечный потребитель.

Базовый технологический процесс предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами, он позволяет получить восстановление исходных механических свойств изношенных поверхностей и осуществлять повторное использование изделия. Однако, в настоящее время существуют технологии реновации, которые позволяют улучшить характеристики восстановленного слоя, продляют срок его службы. Кроме того следует отметить низкую производительность базового процесса наплавки. Таким образом, актуальна **цель работы** – повышение производительности восстановления и качества реновации запорной арматуры нефтехимических производств.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание изделие и условий его работы

На предприятиях переработки нефти и газа применяются задвижки, перекрывающие потоки газа и жидкости в технологических трубопроводах с диаметром проходов 50...2000 мм, работающие при давлении 0,4...20 МПа и температуре передаваемой среды до 450 °С.

Материал для изготовления арматуры выбирают исходя из условий эксплуатации. На паропроводах высокого давления используют арматуру из стали 12Х1МФ, 15Х1М1ФЛ, 20ХМФЛ, которые содержат хром, ванадий и молибден. На трубопроводах для передачи воды используют арматуру из сталей 25, 20ГСЛ, 25Л.

Состоит задвижка из следующих основных деталей и узлов (рис. 1.1): механизм подъемный (1); блок уплотнения (2); затвор задвижки (3); корпус механизма подъемного (4); пробка сливная (5); седло задвижки (6); штифт (7); корпус (8). Кроме того, установлена крепежная арматура 9,10,11,12.

На рис. 1.2 представлена классификация задвижек по конструктивным признакам и эксплуатационным свойствам арматуры [1].

Первый признак позволяет оценить гидравлическое сопротивление проточной части задвижки. Второй признак служит для качественной оценки характера монтажа задвижки в трубопроводе. Третий признак позволяет характеризовать условия использования задвижек, которые связаны со свойствами транспортируемой по трубопроводу среды (химическая активность, температура, давление и пр.). Четвертый позволяет произвести оценку прочности, гидравлической плотности веса, долговечности, коррозионной стойкости задвижек. Пятый признак позволяет оценить уровень автоматизации управления работой задвижки. Шестой признак позволяет дать представление о габаритах и долговечности механизма управления перемещением затвора задвижки. Седьмой признак

Technical drawing of a mechanical assembly in cross-section. The drawing shows a central shaft with various components labeled 1 through 12. Dimensions are provided: 2583* (total height), 1810 (height to the top of the main body), 425 (height of the base), 1300* (width), 300 (inner diameter), and 490 (outer diameter).

Рисунок 1.1 – Общий вид задвижки

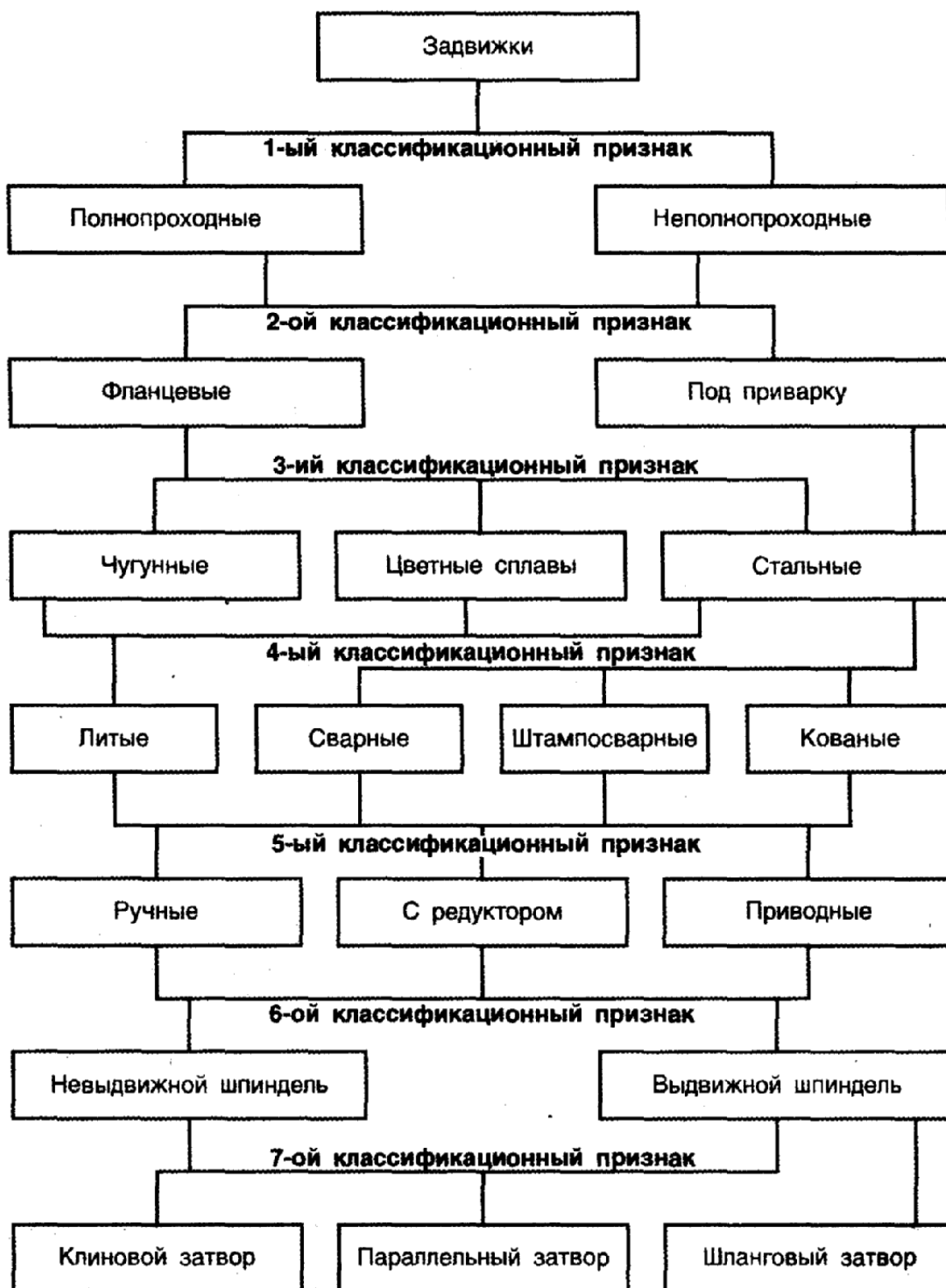
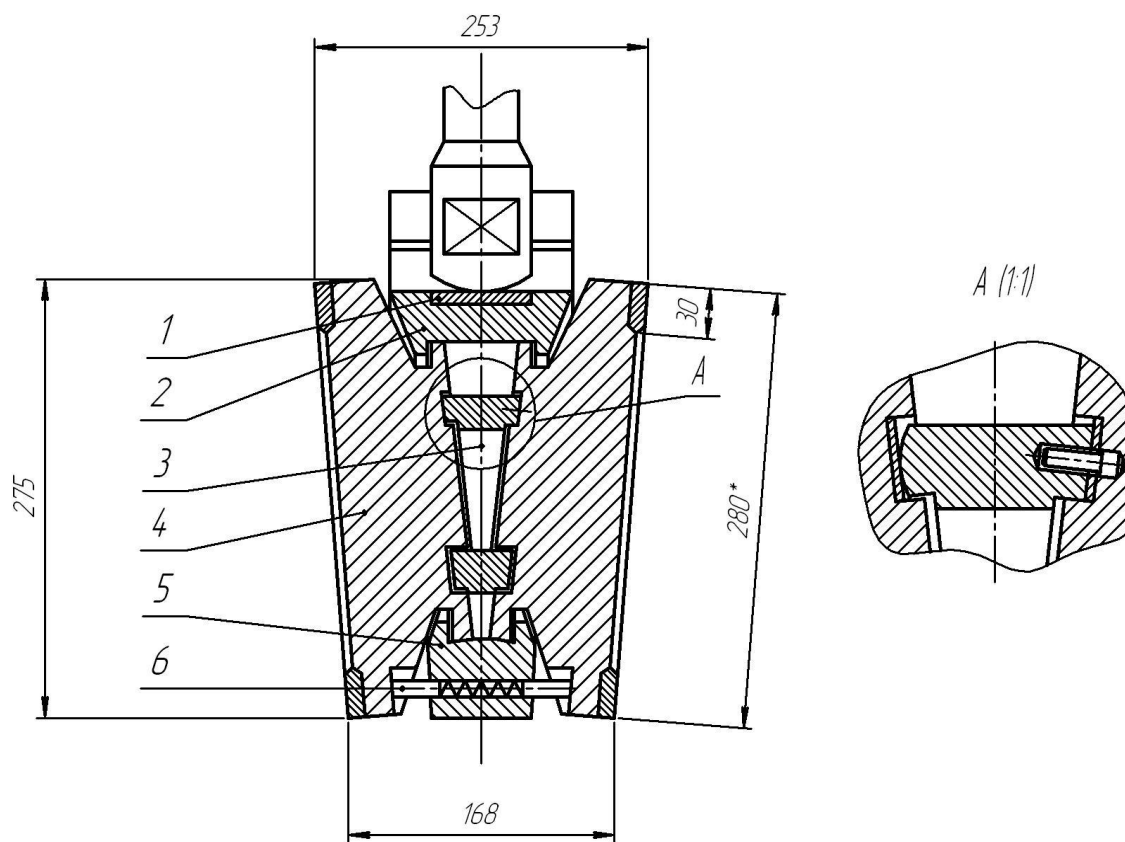


Рисунок 1.2 – Классификация задвижек

Задвижки обладают следующими преимуществами по сравнению с другими видами запорной арматуры: относительно небольшой установочной длиной; незначительным гидравлическим сопротивлением; отсутствием поворотов потока рабочей среды; возможностью подачи среды в любом направлении; возможностью перекрытия потоков среды большой вязкости; простотой в обслуживании.

Но они обладают и недостатками, которые будут общими для всех задвижек: невозможностью применения при наличии в среде кристаллизирующихся включений, небольшим допустимым перепадом давлений на затворе, малой скоростью срабатывания затвора, опасностью возникновения гидравлических ударов, большой высотой, трудностью ремонта изношенных уплотнительных поверхностей [3].

Износу в процессе эксплуатации подвержены затвор задвижки (рис. 1.3) и седло задвижки (рис. 1.4).



- 1 – шайба упорная; 2 – центратор; 3 – шток; 4 – корпус;
5 – упор нижний; 6 – фиксатор.

Рисунок 1.3 – Общий вид затвора задвижки

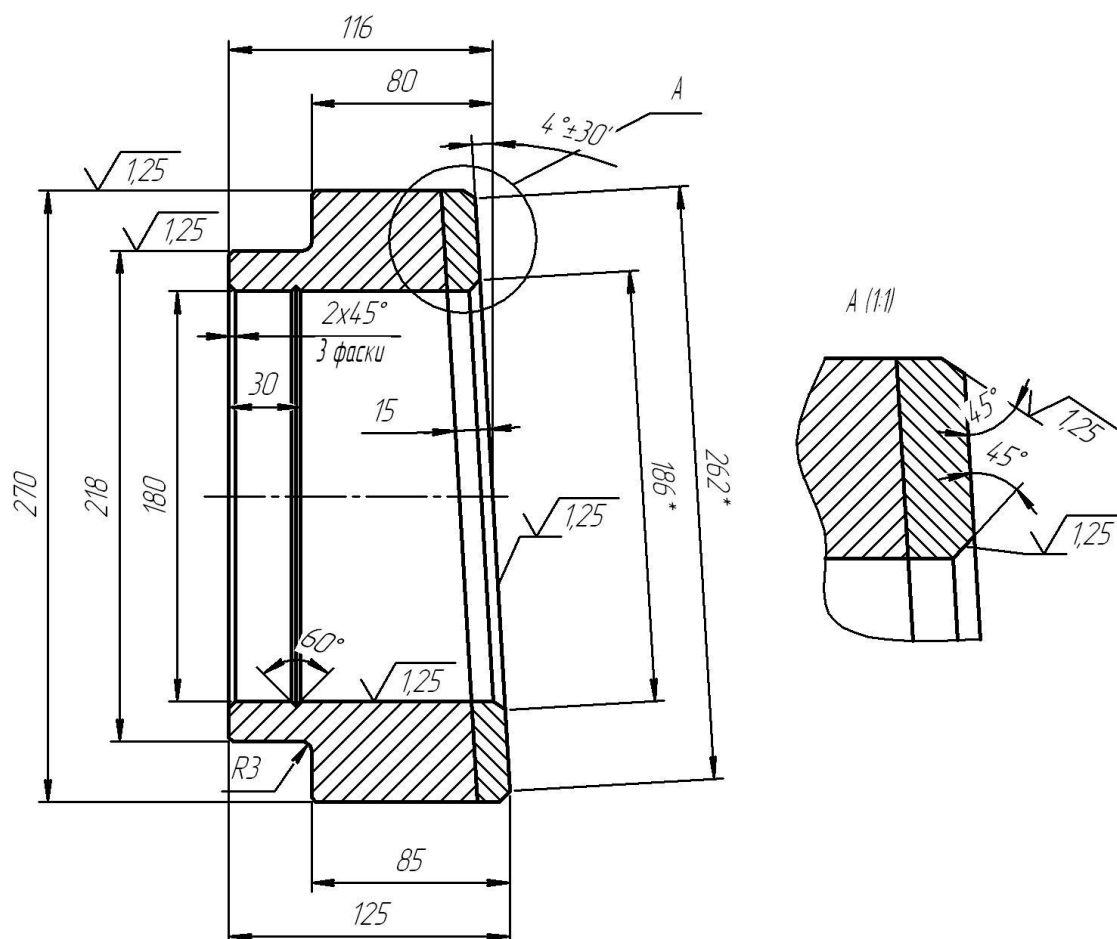


Рисунок 1.4 – Общий вид седла задвижки

Затвор задвижки состоит из следующих основных деталей: шайба упорная (1); центратор (2); шток (3); корпус (4); упор нижний (5); фиксатор (6). Износ контактирующих поверхностей может достигать значений в несколько миллиметров.

Условия работы арматуры зависят от большого числа факторов: рабочего давления среды, рабочей температуры, физических и химических свойств рабочей среды, колебаний давления и температуры, периодичности выполнения циклов срабатывания или переключений и пр.

В условиях высокого давления транспортируемой среды большое значение имеют усилие и момент, необходимые для управления арматурой. Затрудняется обеспечение герметичности у деталей: запорный орган арматуры, сальниковый узел, прокладочные соединения. При больших

скоростях транспортируемой среды из-за значительных перепадов давлений возникает эрозионный износ затвора и уплотнительных колец запорной арматуры [9].

При высокой температуре транспортируемой среды детали запорной арматуры работают в особенно тяжёлых условиях. К материалам предъявляются требования по теплоустойчивости, пределу прочности на растяжение, пределу текучести, а также пределу длительной прочности при рабочей температуре, которые обеспечивают длительный срок эксплуатации арматуры.

Изменение значений температуры и давления транспортируемой среды приводят к разуплотнению фланцевых соединений. Периодическое повышение температуры является причиной пластической деформации прокладки, так как при этом возникает временное увеличение затяга болтов и шпилек. Во время снижения температуры затяг болтов становится недостаточным, и прокладочное соединение перестаёт быть герметичным.

Задвижки используются в тяжёлых условиях эксплуатации, когда габариты запорной арматуры не имеют решающего значения. Задвижки обладают малым гидравлическим сопротивлением, малой строительной длиной, низкой стоимостью и широким диапазоном диаметров прохода. Задвижки целесообразно использовать только в качестве запорной арматуры. При работе трубопровода в условиях частого открывания и закрывания (с большой частотой циклов) применение задвижек нецелесообразно.

Количество срабатываний арматуры существенно влияет на срок службы. Такие детали, как ходовая гайка, набивка сальника, уплотнительные кольца задвижек рассчитаны на определенное число циклов, после которого их необходимо ремонтировать или заменить. Частое срабатывание запорной арматуры существенно снижает срок службы этих деталей.

При работе арматуры на открытом воздухе существенно ухудшаются условия эксплуатации, возможно нарушение регулярной смазки, попадание пыли, песка и влаги в подвижные сопряжения, это приводит к ускоренному

изнашиванию деталей.

При эксплуатации трубопровода в число обязанностей обслуживающего персонала входит постоянное наблюдение за состоянием наружной поверхности арматуры (сварные швы, фланцевые соединения, крепеж и т.д.). Надёжная и безопасная эксплуатация технологического трубопровода обеспечивается при условии проведения периодических ревизий службой технического надзора. Результаты такого контроля позволяют оценить состояние трубопровода и возможность его дальнейшей эксплуатации. Ревизию трубопроводов приурочивают к планово-предупредительному ремонту, осуществляемому на трубопроводной арматуре и отдельных агрегатах трубопровода [10].

1.2 Базовый процесс восстановления изделия

Ревизию и ремонт трубопроводной арматуры целесообразно проводить в период ревизии самого трубопровода. Её следует производить на ремонтных участках или в специализированных мастерских. Иногда, по усмотрению органов технического надзора, допустимо проводить ревизию арматуры разборкой и осмотром непосредственно на месте установки арматуры (в случаях приварной, крупногабаритной или труднодоступной арматуры). Во время ревизии арматуры выполняют следующие работы:

- а) производят внешний осмотр арматуры;
- б) разбирают арматуру и осматривают состояние отдельных её деталей;
- в) осматривают внутреннюю поверхность и при необходимости производят её контроль неразрушающими методами;
- г) производят притирку уплотнительных поверхностей;
- д) собирают и опрессовывают на прочность и плотность.

При диагностировании состояния задвижек обнаруживают акустически активные зоны или зоны концентрации механических напряжений в корпусе задвижек, оценивают в этих зонах поверхностные нарушения сплошности металла типа трещин, и внутренние несплошности. Проверяется также

герметичность при эксплуатации на рабочих давлениях в условиях действующего трубопровода. Также проводятся испытания на герметичность с использованием испытательных стендов.

При контроле задвижек необходимо обеспечить следующие условия:

- очистку корпуса от грязи, отслаивающейся краски и рыхлых продуктов коррозии;
- очистку от краски и зачистку до металлического блеска участков корпуса, на которых предполагается установка акустических преобразователей, а также мест, подлежащих капиллярному или магнитопорошковому контролю;
- при контроле задвижек с использованием испытательных стендов необходимо обеспечение энергоснабжением переменного тока с напряжением питающей сети 220 В;
- контроль задвижек, имеющих большие проходы необходимо обеспечить проводить с использованием подмостков или лесов, чтобы удобно расположить аппаратуру и дефектоскописта.

Подготовку задвижки под контроль, заключающуюся в очистке задвижки от грязи, краски и продуктов коррозии выполняются специально отведённым для этого персоналом. В обязанности дефектоскописта не входит удаление контактной смазки (ультразвуковой контроль), пенетрантов (капиллярный контроль) и магнитных суспензий (магнитопорошковый контроль).

Для диагностирования задвижек возможно применение следующих видов контроля:

- визуального контроля;
- капиллярного (цветного) контроля;
- ультразвуковой дефектоскопии;
- контроля напряженного состояния металла корпусных деталей;
- радиографического контроля.

Проведение восстановления изношенной поверхности арматуры по базовому технологическому процессу предусматривает использование

ручной дуговой наплавки штучными электродами. Наплавку предварительного и последующих слоев производят с электродами ЦН-6Л. Наплавку предварительного слоя производят электродами ЦЛ-25 или ОЗЛ-6.

Первой операцией технологического процесса является демонтаж арматуры. Демонтаж арматуры проводят на месте, применяя по необходимости средства малой механизации. После демонтажа арматуру транспортируют на участок восстановления.

На участке восстановления разбирают арматуру, производят её очистку от загрязнений. Далее проводится дефектация изношенных поверхностей. Величину износа измеряют, определяют наличие раковин и трещин.

Далее производят подготовку поверхности арматуры под наплавку. Для этого поверхности, которые предназначены для наплавки, и прилегающие к ним участки зачищают от загрязнений и заусенцев на ширину не менее 10 мм. Потом детали передают на пост наплавки.

Пост наплавки включает сварочный выпрямитель ВД-301 (с номинальным рабочим напряжением 30 В; силой номинального тока – 315 А; пределами регулирования тока – 40...315 А; падающей внешней характеристикой; массой 230 кг), балластный реостат РБ, стол (оснащённый вытяжной вентиляцией), светонепроницаемыми экранами (ограждающими пост наплавки от остальных участков производственного процесса).

Наплавку предварительного слоя производят после подогрева детали до температур 150...300 °С. Предварительно наплавляемый слой должен иметь толщину 3 ± 1 мм. Наплавку производят в нижнем положении, применяют постоянный ток обратной полярности, напряжение на дуге принимаю равным 23 В, силу тока устанавливают 60...80 А. При восстановительной наплавке применяют электроды диаметром 3 мм. При сварке необходимо ограничивать длину дуги, которая не должна превышать одного диаметра электрода. Наплавку следует производить узкими валиками, ширина которых не должна превышать 3-х диаметров электрода. При

наложении валиков следует добиваться перекрытия каждым последующим валиком предыдущего валика на 1/3 его ширины.

После наплавки следует произвести удаление шлака и передать деталь на следующую технологическую операцию для механической обработки.

Механическую обработку до гладкого состояния производят с использованием токарного станка 1К62Ф3С. Механическую обработку ведут резцом Р6М5. Рекомендуемые режимы резания зависят от диаметра детали: до 200 мм – подачу устанавливают в диапазоне 0,6...0,9 мм/об и скорость резания устанавливают в диапазоне 90...110 м/мин; если диаметр детали свыше 200 мм - подачу устанавливают в диапазоне 1,2...1,4 мм/об, скорость резания устанавливают в диапазоне 120...140 м/мин.

Следующая операция - предварительный подогрев детали, величина которого зависит от марки используемых при наплавке электродов. В случае применения электродов ЦН-2 минимальную температуру подогрева принимают равной 650 °С. В случае применения электродов ЦН-6Л минимальную температуру подогрева принимают равной 200 °С при весе детали до 6 кг и 300 °С при весе детали свыше 6 кг. В случае применения электродов ЦН-12М и ЦН-12Л минимальную температуру подогрева принимают равной 200 °С при весе детали до 3 кг, 350°С при весе детали 3...5 кг, 500 °С при весе детали больше 5 кг . Превышение температуры нагрева указанных минимальных значений должно быть не более чем 150 °С. В процессе наплавки следует контролировать температуру детали, которая не должна опускаться ниже указанных минимальных значений.

Наплавку производят в нижнем положении, на постоянном токе обратной полярности. Устанавливают напряжение на дуге 23 В. Силу тока наплавки задают в зависимости от марки применяющихся электродов. Для электродов ЦН-6Л диаметром 3 мм ток наплавки устанавливают 80...100 А. Для электродов ЦН-6Л диаметром 4 мм тока наплавки устанавливают 110...140 А.

При сварке необходимо ограничивать длину дуги, которая не должна превышать одного диаметра электрода. Наплавку следует производить узкими валиками, ширина которых не должна превышать 3-х диаметров электрода. При наложении валиков следует добиваться перекрытия каждым последующим валиком предыдущего валика на 1/3 его ширины.

При наплавке необходимо осуществлять контроль температуры окружающего воздуха, которая не должна быть ниже +5°C.

Следующая операция - термообработка. Для проведения термообработки используют газопламенный метод нагрева. Термообработку деталей из стали 25, 20ГСЛ, 25Л производят при температуре нагрева $640 \pm 15^\circ\text{C}$, и длительности выдержки не менее часа. Термообработку деталей проводят немедленно после окончания наплавки.

Следующая операция - визуально-измерительный контроль. Для его проведения предварительно производят удаление остатков шлака. Наплавленные поверхности контролируют по всей их площади. Наплавленный слой должен соответствовать требованиям ТИ 06.195-91.

Следующая операция – механическая обработка наплавленного слоя. Для её осуществления производят перемещение детали на участок с металлорежущим оборудованием. Обработку производят с применением такого же оборудования, что и при обработке первого слоя. Рекомендуемые режимы резания зависят от диаметра детали: до 200 мм – подачу устанавливают в диапазоне 0,5...0,8 мм/об и скорость резания устанавливают в диапазоне 90...110 м/мин; если диаметр детали свыше 200 мм - подачу устанавливают в диапазоне 1,0...1,2 мм/об, скорость резания устанавливают в диапазоне 120...140 м/мин.

После механической обработки детали подвергают различным методам контроля: визуально-измерительному контролю, капиллярному контролю, замеряют твердость наплавленного слоя. Осуществление визуально-измерительного контроля и капиллярного контроля проводится в соответствии с требованиями ТИ 06.195-91.

При капиллярном контроле применяют набор ДМК-4. На поверхность наносится слой подкрашенной проникающей жидкости, далее производят выдержку в течение 20...15 минут, далее производят промывку поверхности 50%-ным раствором кальцинированной соды, и нанесение на её поверхность слоя проявляющей суспензии. Лучшая выявляемость дефектов достигается при двойном осмотре, который проводят через 5 минут и через 25 минут.

1.3 Анализ способов восстановления

Методы электродуговой наплавки

По базовому варианту для восстановления деталей применяется дуговая наплавка (рис. 1.5), которая является одним из широко применяемых и универсальных способов восстановления и упрочнения изношенных деталей. Дуговая наплавка повышает стойкость деталей против абразивного износа, коррозии, эрозии, кавитационного разрушения, термической и контактной усталости. Как правило, используется ручная, газовая и электродуговая наплавка, а также различные виды механизированных способов наплавки [11, 12, 13]. Преимуществами наплавки штучными электродами является: простота и мобильность способа; возможность наплавки в различных пространственных положениях; возможность наплавки в труднодоступных местах.

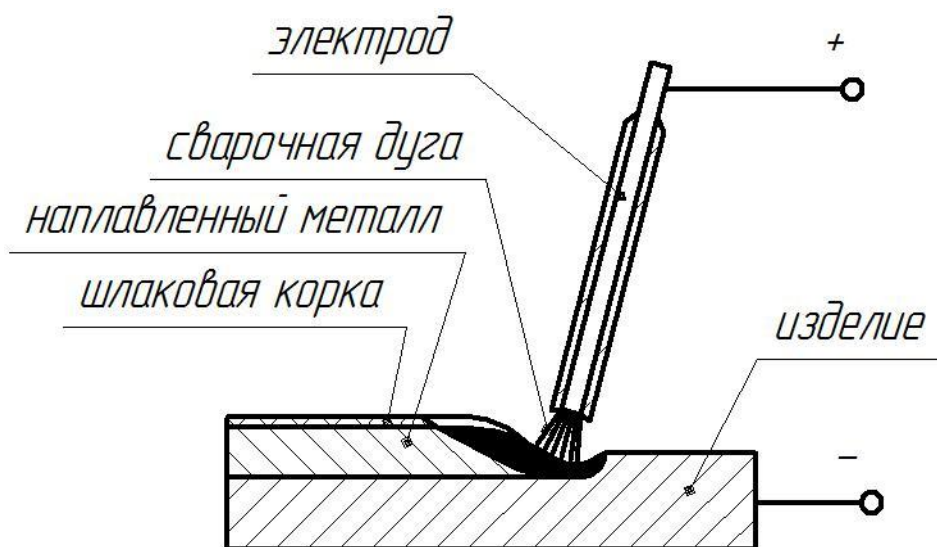


Рисунок 1.5 – Схема наплавки штучными электродами

Существенным недостатком ручной дуговой наплавки является малая производительность процесса, а также зависимость качества наплавленного металла от навыков сварщика. Также следует отметить, что в процессе ручной дуговой наплавки штучными электродами скорость расплавления электрода различна в начале и в конце горения электрода.

Также в качестве недостатков следует отметить непостоянство глубины проплавления основного металла вследствие изменения условий теплопередачи от дуги к основному. В результате происходит постоянное изменение соотношения доли электродного и доли основного металлов, которые участвуют в формировании металла шва, а следовательно, и непостоянство состава наплавленного металла.

Механизированную наплавку в среде углекислого газа (рис. 1.6) осуществляют на постоянном токе обратной полярности. Выбор электродной проволоки производят по материалу восстанавливаемой детали и требуемым свойствам наплавленного металла. Скорость подачи проволоки задают в зависимости от силы тока и с таким расчетом, чтобы исключить обрывы дуги и короткие замыкания в процессе наплавки. Скорость наплавки определяется толщиной и требуемым качеством наплавки. Наплавку валиков следует производить с шагом 2,5...3,5 мм, при этом необходимо обеспечить перекрытие предыдущего валика не менее чем на $\frac{1}{3}$ его ширины.

Наплавка в среде защитных газов обладает рядом преимуществ, главными из которых являются [14, 15, 16, 17]:

- высокая прочность наплавленного слоя и возможность обеспечения однородного химического состава наплавленного слоя и основного металла;
- возможность наплавки в различных пространственных положениях;
- высокая производительность, простота механизации, низкая стоимость;

К недостаткам технологии механизированной наплавки в среде углекислого газа следует отнести склонность к трещинообразованию, высокие поверхностные напряжения и сильное разбрызгивание металла.

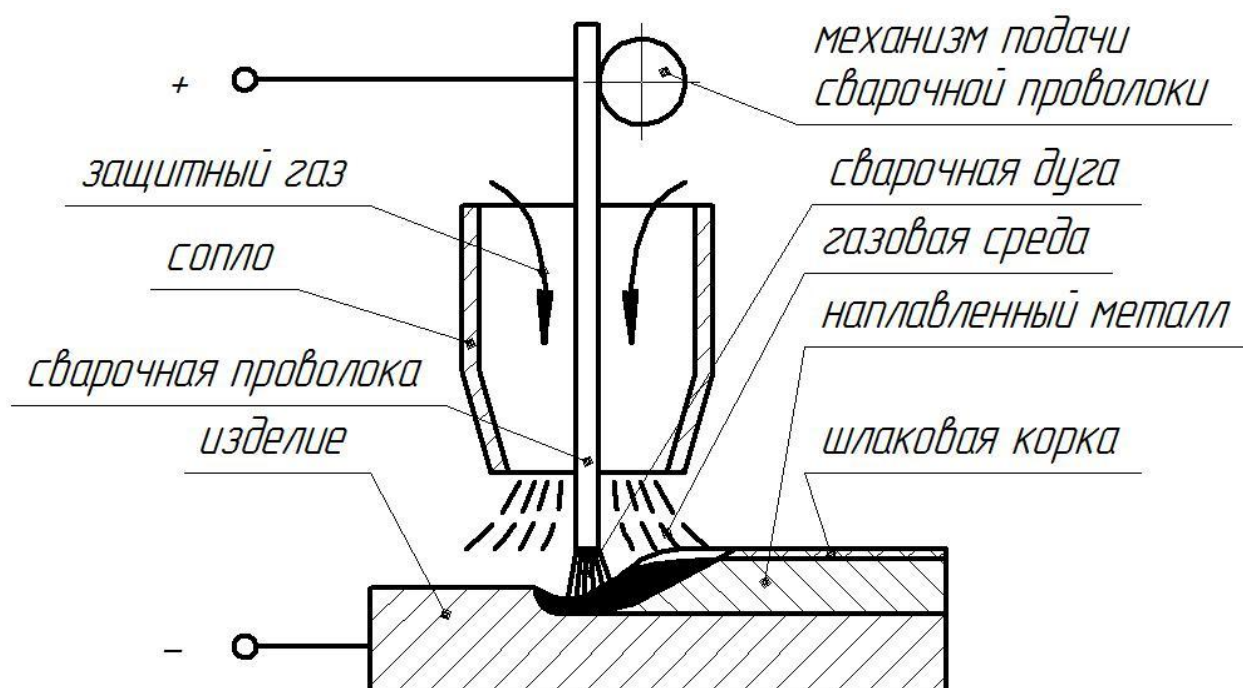


Рисунок 1.6 – Схема установки для дуговой наплавки в углекислом газе

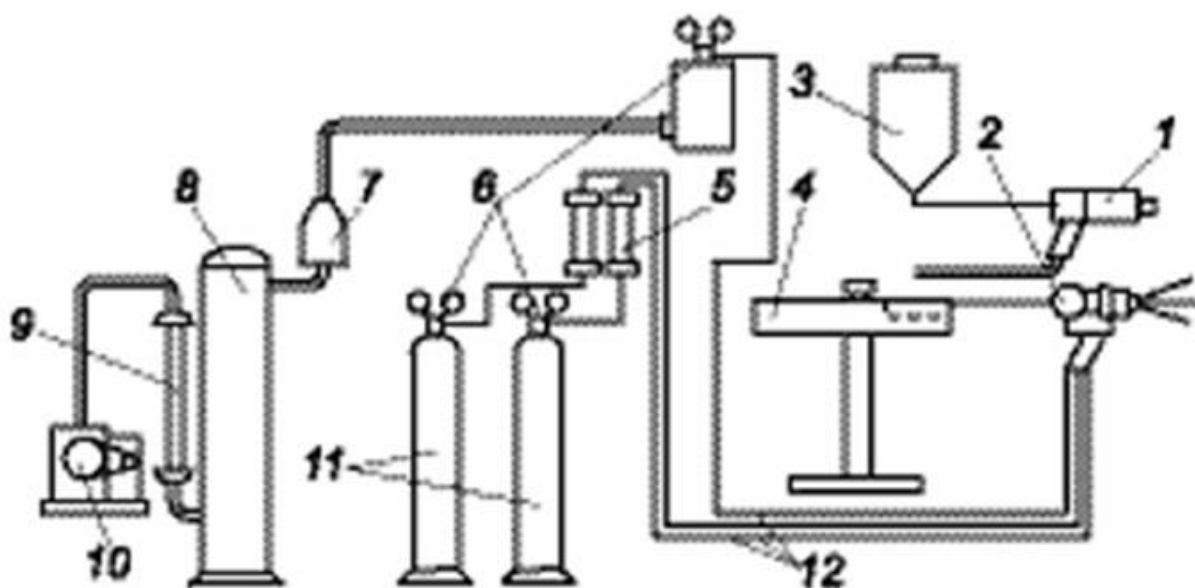
Газопламенное напыление

Газопламенные методы нанесения покрытий достаточно широко распространены при восстановлении и упрочнении деталей оборудования в химической промышленности [11, 17]. Прочность сцепления при плазменном и газоплазменном нанесении покрытия достаточно высока и достигает 250 МПа. Также следует отметить, что этим способам присущи высокая производительность и возможность получения покрытий толщиной от десятков до нескольких миллиметров.

Газоплазменное нанесение покрытий, предусматривающее предварительную подготовку поверхности деталей и напыление не неё струёй сжатого газа, также получило достаточное распространение в ремонтном производстве. Мелкодисперсные частицы расплавленного металла имеют, они соударяются с поверхностью, деформируются. Далее происходит их внедрение в дефекты на поверхностном слое и образование покрытия. Производят расплавление напыляемого материала при помощи ацетилено-кислородного пламени и его распыление струей сжатого газа.

Преимуществами способа газопламенной металлизации являются:

- возможность получения сочетаний различных и разнородных материалов;
- малое тепловое воздействие на напыляемые детали, нагрев основного металла обычно не превышает 120...180°C;
- высокая прочность покрытия;
- малая стоимость технологического оборудования и относительная простота проведения самого технологического процесса.



- 1 - порошковый распылитель; 2 – проволоочный распылитель;
3 – порошковый питатель; 4 – бухта проволоки на вращающемся столе;
5 – ротаметры газовые; 6 – редукторы 7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр; 10 – компрессор; 11 – газовые баллоны

Рисунок 1.7 - Схема установки восстановления деталей с использованием газопламенного напыления

При помощи газоплазменного напыления существует возможность нанесения покрытий из чёрных, цветных, и тугоплавких металлов. Получаемые покрытия обладают высокой контактной жесткостью, имеют большое сопротивление износу.

В качестве недостатков процесса газопламенного напыления можно отметить:

- образование растягивающих остаточных напряжений в покрытии и вследствие этого уменьшение усталостной прочности;
- низкую коррозионную стойкость покрытий из-за пористости покрытия.

Наплавка лазером

Лазерная наплавка предусматривает нанесение на поверхность изделия покрытия с расплавлением основного металла присадочного материала, но основной металл подплавляется минимально, поэтому свойства покрытия зависят от присадочного материала [18, 19, 20, 21].

В настоящее время всё большее распространение получает объемное формообразование методом лазерного переплава и подаваемого присадочного материала. Процесс реализован на основе лазерной наплавки, при этом присадочный материал подаётся в зону воздействия лазерного луча в виде порошка. Существует возможность получения пространственных фигур последовательным нанесением слоев по криволинейной траектории. При этом термическое воздействие на основной металл минимально. С помощью этого метода существует возможность как изготовления новой детали, так формирования на поверхности изделия необходимых объемов металла при ремонте.

Получение покрытий с боковой подачей газопорошковой смеси является наиболее распространенным способом лазерной наплавки. Внесение порошка в жидкую ванну изменяет процесс наплавки, позволяет создавать покрытия с равномерной толщиной и химическим составом, а также композитные. Подача струи газа и порошка может быть осуществлено как сбоку относительно движения луча, так и навстречу лучу. Формируемые при этом валики будут иметь различную геометрию.

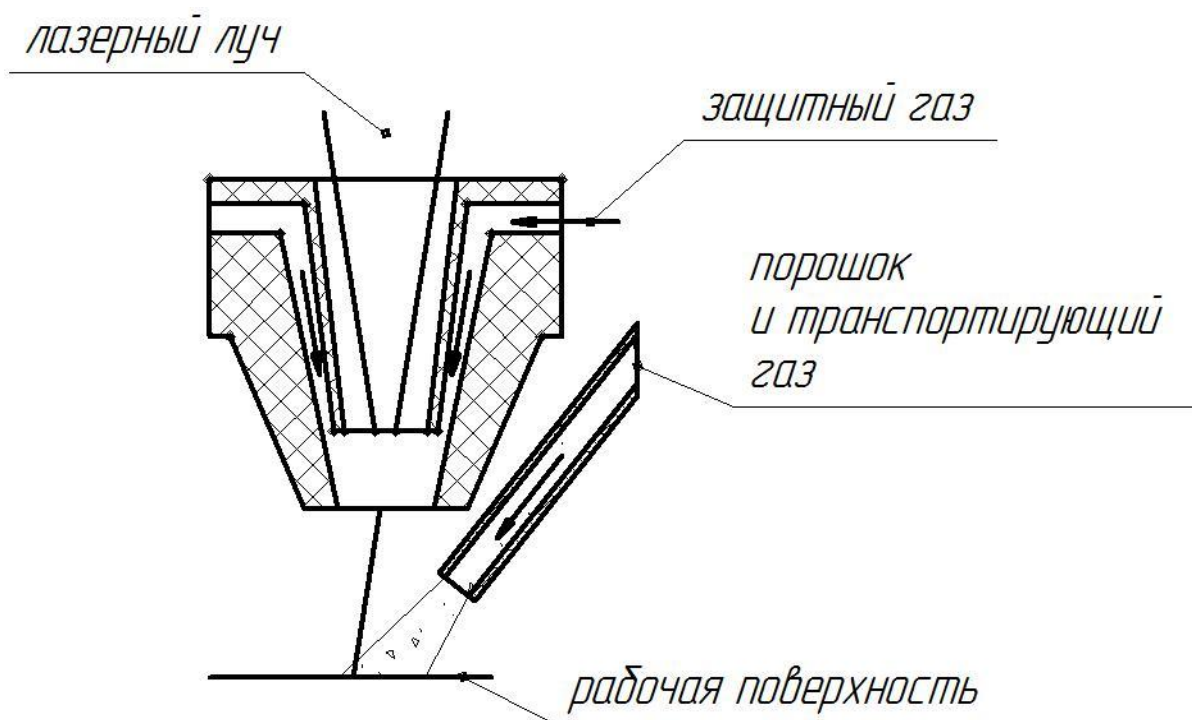


Рисунок 1.8 – Схема лазерной наплавки с боковой подачей порошка

У восстановленной поверхности после термообработки твёрдость при наплавке с использованием порошковых материалов на основе железа может достигать 50...52 HRC, а при использовании порошков на основе кобальта твёрдость достигает 52...54 HRC [20]. Результаты, которые были получены в процессе исследования образцов-имитаторов, позволили провести наплавку на тарелках запорной задвижки арматуры DN 200 мм из стали 12Х1МФ (рис. 1.9).

Получение покрытий с боковой подачей газопорошковой смеси (рис. 1.8) является наиболее распространенным способом лазерной наплавки. Внесение порошка в жидкую ванну изменяет процесс наплавки, позволяет создавать покрытия с равномерной толщиной и химическим составом, а также композитные. Подача струи газа и порошка может быть осуществлено как сбоку относительно движения луча, так и навстречу лучу. Формируемые при этом валики будут иметь различную геометрию.



Рисунок 1.9 – Общий вид процесса лазерной наплавки тарелок задвижки узла запорной арматуры DN 200

Плазменная наплавка

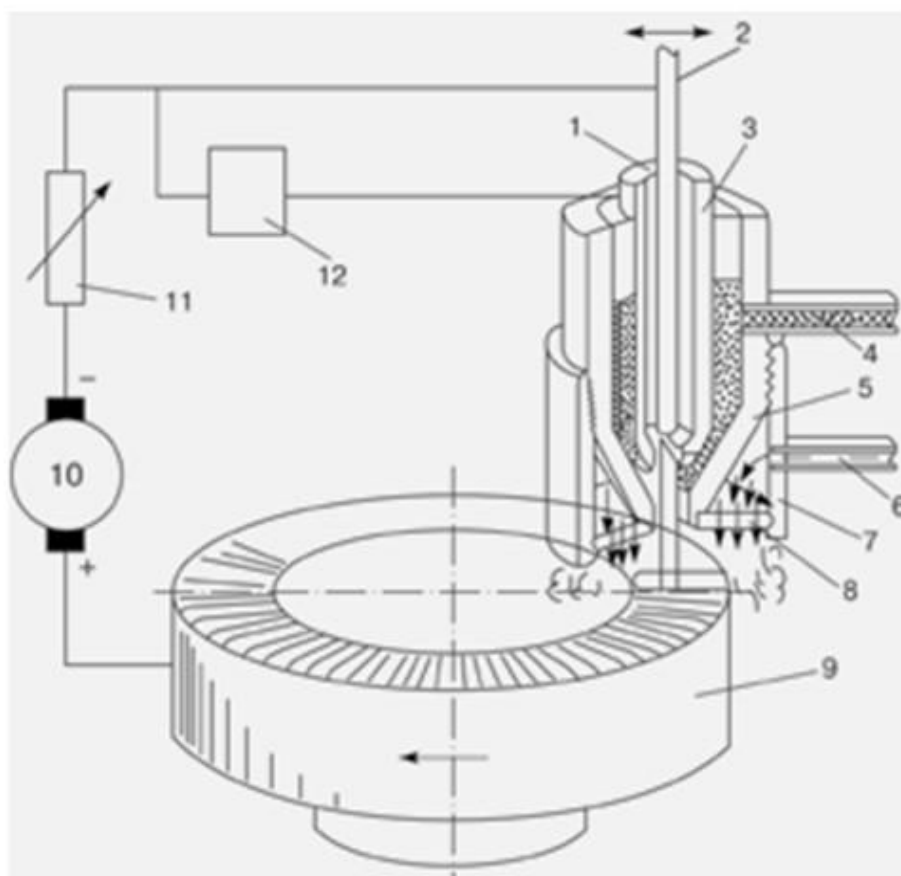
Способы восстановления деталей с применением плазменной наплавки в настоящее время получили наибольшее распространение благодаря возможности получения биметаллических изделий при минимальной глубине проплавления основного металла [22, 23].

Низкотемпературная плазма в качестве источника нагрева все шире применяется в обработке материалов, в том числе и для наплавки [24, 25]. Имеется возможность регулирования энергетических и тепловых параметров низкотемпературной плазмы в широких пределах, что позволяет получать наплавленные слои с требуемыми свойствами. Также плазменная наплавка обладает высокой производительностью процесса, для его осуществления не требуется применения сложных элементов оборудования и разработки специализированных источников питания.

Для плазменной наплавки с присадкой порошка используют плазмотрон комбинированного типа (рис. 1.10), при этом порошок и наплавляемую деталь нагревают плазменной дугой прямого действия. Осуществляют подачу по гибкой трубке газом присадочного порошка из питателя в плазмотрон. В плазмотроне присадочный порошок вдувается в

дугу через кольцевую щель между стабилизирующим и фокусирующим соплами.

В плазмотрон подают три потока газа. Первый поток – плазмообразующий (служит для стабилизации и сжатия дуги, защиты вольфрамового электрода от окисления), расход плазмообразующего газа составляет 1,5...2,0 л/мин. Второй поток – транспортирующий, который служит для подачи присадочного порошка в плазмотрон и вдувания его в дугу, расход транспортирующего газа составляет 4...6 л/мин. Третий поток – защитный, расход защитного газа составляет 8...12 л/мин [2].



1 – ввод плазмообразующего газа; 2 – вольфрамовый электрод;
3 – стабилизирующее сопло; 4 – ввод транспортирующего газа
с присадочным порошком; 5 – фокусирующее сопло; 6 – ввод защитного
газа; 7 – защитное сопло; 8 – газовая линза; 9 – наплавляемая деталь; 10 –
источник питания дуги; 11 – сопротивление; 12 – устройство поджига дуги

Рисунок 1.10 - Схема плазменной наплавки металлическим порошком

Такой способ нанесения покрытий имеет ряд преимуществ, в числе которых можно отметить:

- 1) возможность нанесения разнородных материалов и создания поверхностей с заданными свойствами;
- 2) высокую скорость и температуру частиц напыляемого металла в момент встречи с подложкой, что приводит к получению более высокой адгезии, чем в случае использования других способах нанесения покрытий;
- 3) малое тепловое воздействие на напыляемую поверхность;
- 4) получение возможности практически полной автоматизации процесса нанесения покрытия.

Однако, плазменным способам нанесения покрытий присущи недостатки, в числе которых следует отметить:

- 1) низкую прочность покрытия;
- 2) высокую пористость покрытия;
- 3) получение неоднородной структуры и растягивающих напряжений в покрытии.

В процессе разработки технологии плазменного нанесения покрытия требуется учёт допускаемых уровней прочности и пористости покрытий, реальных условий эксплуатации сопрягаемых деталей, требуемого уровня эксплуатационных свойств, обеспечивающих работоспособность сборочных единиц.

В отличие от других способов нанесения покрытий, плазменно-порошковая наплавка позволяет получить существенное повышение и стабилизацию качества наплавленных деталей, увеличение производительности и улучшение условий труда, сокращение расхода наплавочных материалов и затрат при механической обработке наплавленных деталей. Как показал производственный опыт, плазменно-порошковая наплавка деталей арматуры позволяет получить брак, не превышающий 1%, при этом появление этого брака связано исключительно с нарушением протекания технологического процесса нанесения покрытия.

Основываясь на многолетнем опыте промышленного применения плазменно-порошковой наплавки, можно заключить, по сравнению с другими способами нанесения покрытий, плазменно-порошковая наплавка обеспечивает самые высокие показатели качества и однородности наплавленного металла при восстановлении уплотнительных поверхностей запорной арматуры. Технология наплавки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает худшими показателями однородности наплавленного металла.

Выбор рационального способа восстановительной наплавки деталей запорной арматуры следует производить с учётом следующих факторов: дефицитности и цены наплавочных сплавов; требований к качеству наплавленного металла; допустимого содержания железа в наплавленном слое (в случае наплавки кобальтовых и никелевых сплавов); величины проплавления; производительности наплавки. Учет этих обстоятельств позволяет сделать вывод, что предпочтение следует отдавать таким способам наплавки, которые обеспечивают получение минимального проплавления основного металла и малой толщины наплавленного слоя (табл. 1.1).

После анализа недостатков и преимуществ каждого способа было принято решение использовать плазменную наплавку, которая обладает следующими преимуществами:

- малое тепловое воздействие на наплавляемую деталь
- возможность автоматизации операций
- возможность создавать поверхности с заданными свойствами
- высокая производительность наплавки

Таблица 1.1 – Технологическая характеристика способов наплавки, которые могут применяться при восстановлении деталей запорной арматуры [2]

Способ наплавки	Производительность способа наплавки, кг/ч	Доля основного металла в металле шва, %	Толщина наплавляемого слоя, мм	Применяемые сплавы для наплавки (основа)		
				Co	Ni	Fe
1	2	3	4	5	6	7
Газовая наплавка с использованием присадочных прутков	0,5-1,5	1-2	1-4	++	+	-
Газопорошковое нанесение покрытия	0,5-3	1-2	0,5-3	+	++	-
Аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом	0,4-3,5	10-30	3-5	++	+	-
Ручная дуговая наплавка штучными электродами	1-3	20-50	4-6	+	+	++
Дуговая наплавка проволокой под флюсом	2,5-10	30-60	3-5	+	-	++
Механизированная дуговая наплавка плавящимся электродом в среде защитных газов	1,5-9	30-60	3-5	+	+	+
Плазменно-порошковая нанесение покрытий	0,5-6	5-10	1-6	++	++	+

«++» – Применяют широко; «+» – Применяют ограниченно; «-» – Не применяют.

1.4 Формулировка задач проекта

При анализе состояния вопроса рассмотрена базовая технология восстановления поверхностей запорной арматуры с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами. Недостатками такой технологии являются:

- малая производительность наплавки;
- низкое качество наплавки;
- большие потери металла на угар, разбрызгивание и огарки;
- потери времени и качества из-за периодической смены электрода.

При анализе возможных способов восстановления поверхностей валов были рассмотрены:

- ручная дуговая наплавка с применением штучных электродов;
- механизированная наплавка в защитных газах;
- газопламенное нанесение покрытий;
- лазерная наплавка;
- плазменное нанесение покрытия.

После анализа недостатков и преимуществ каждого способа было принято решение использовать плазменные способы покрытия.

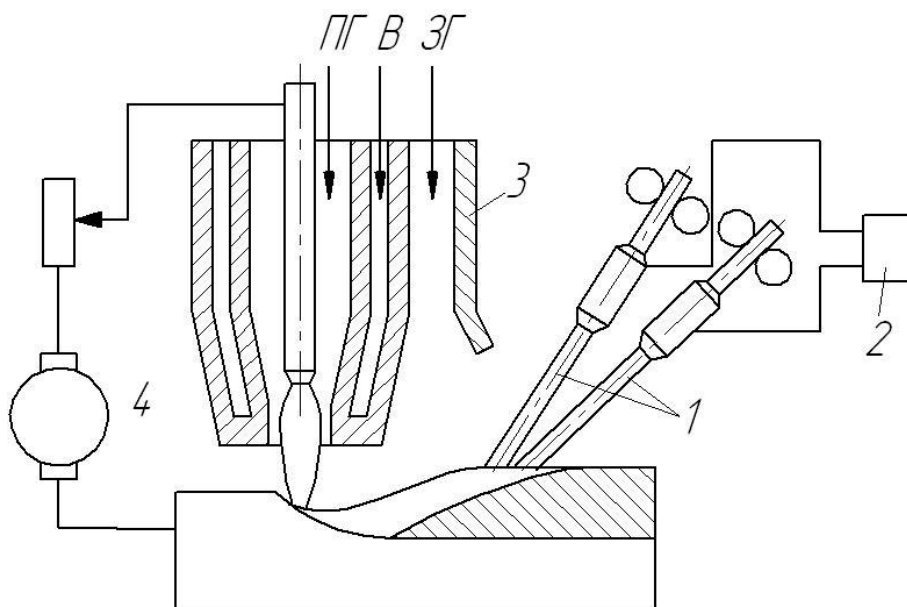
Достижение поставленной цели будет произведено путём последовательного решения следующие задач:

1. Выбор наплавочного материала, обеспечивающего увеличение срока службы восстановленной детали.
2. Разработка технологического процесса наплавки.
3. Провести мероприятия, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья производственного персонала.
4. Произвести экономическое обоснование предложенных технических решений.

2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ НАПЛАВКИ

2.1 Выбор схемы плазменной наплавки

От правильного выбора схемы плазменной наплавки будет зависеть производительность и качество наплавленных слоёв. С точки зрения повышения производительности наплавки следует рассмотреть возможность наплавки двумя проволоками, которые подключены последовательно к источнику тока. При помощи этого источника тока проволоки нагреваются и подаются в сварочную ванну, которая образуется в результате горения сжатой дуги прямого действия. Питание дуг происходит от источника постоянного тока (рис. 2.1). Производительность такого способа наплавки достигает 30 кг/ч.



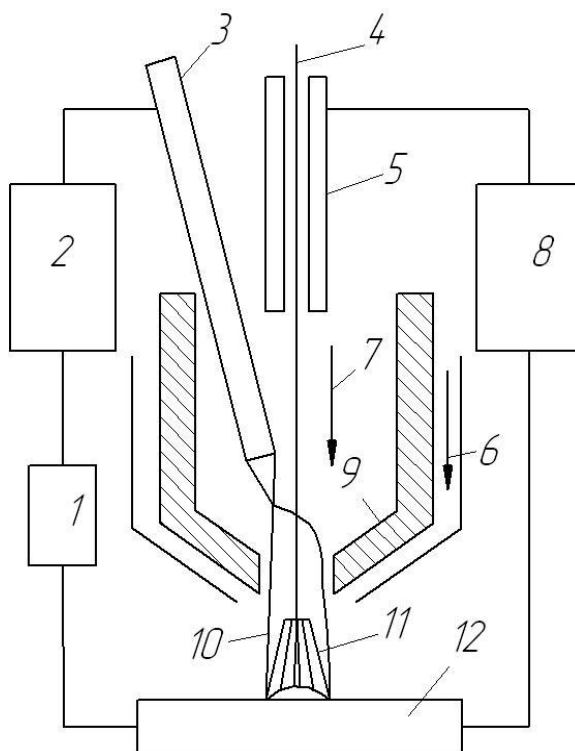
1 - электродные проволоки; 2 - источник питания переменного напряжения;

3 - защитное сопло; 4 - источник питания постоянного напряжения;

В - вода; ПГ - плазмообразующий газ; ЗГ - защитный газ

Рисунок 2.1 – Схема осуществления плазменной наплавки с применением подачи в сварочную ванну двух электродных проволок

Получение высокой производительность наплавки, достигающей 30 кг/ч, возможно также и при использовании другого способа наплавки – с применением плавящейся проволоки (рис. 2.2). Осуществление этого способа предусматривает совмещение нескольких способов наплавки: сварка сжатой дугой и механизированная сварка в среде инертного газа. Питание сжатой дуги осуществляется от постоянного источника тока, имеющего падающую внешнюю характеристику.

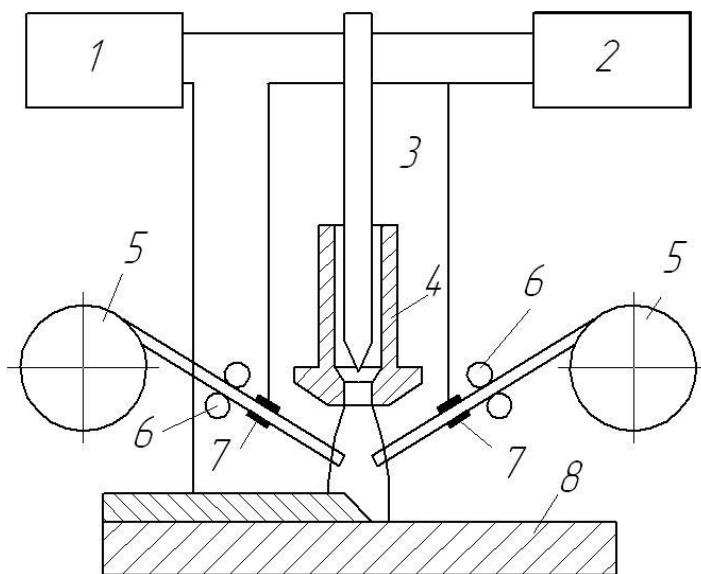


- 1 - осциллятор; 2 - источник тока, имеющий падающую характеристику;
 3 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 4 – присадочная проволока;
 5 - токоподвод; 6 – подвод защитного газа; 7 – подвод плазмообразующего
 газа; 8 - источник тока, имеющий жесткую характеристику;
 9 - плазмообразующее сопло; 10 - плазменная дуга; 11 - сварочная дуга;
 12 - деталь

Рисунок 2.2 – Схема плазменной сварки-наплавки плавящимся электродом

Горение плазменной дуги происходит между вольфрамовым электродом и деталью, при этом вольфрамовый электрод закреплен под углом к оси плазменной горелки. Питание присадочной проволоки осуществляют от отдельного источника тока, который имеет жесткую характеристику. Эта присадочная проволока подается сквозь сжатую дугу в сварочную ванну. Регулирование в широком диапазоне скорости плавления проволоки осуществляют за счёт изменения параметров процесса: полярности тока, силы тока, диаметра проволоки, диаметра сопла.

Высокопроизводительная плазменная наплавка с применением двух электродных проволок была разработана фирмой AGA (Швеция). Этот способ предусматривает подачу проволок в сжатую дугу от двух отдельных приводов (рис. 2.3). Плазматрон питают от двух источников. Первый источник подводит тока к вольфрамовому электроду и детали. Второй источник подводит ток наплавочным проволокам.



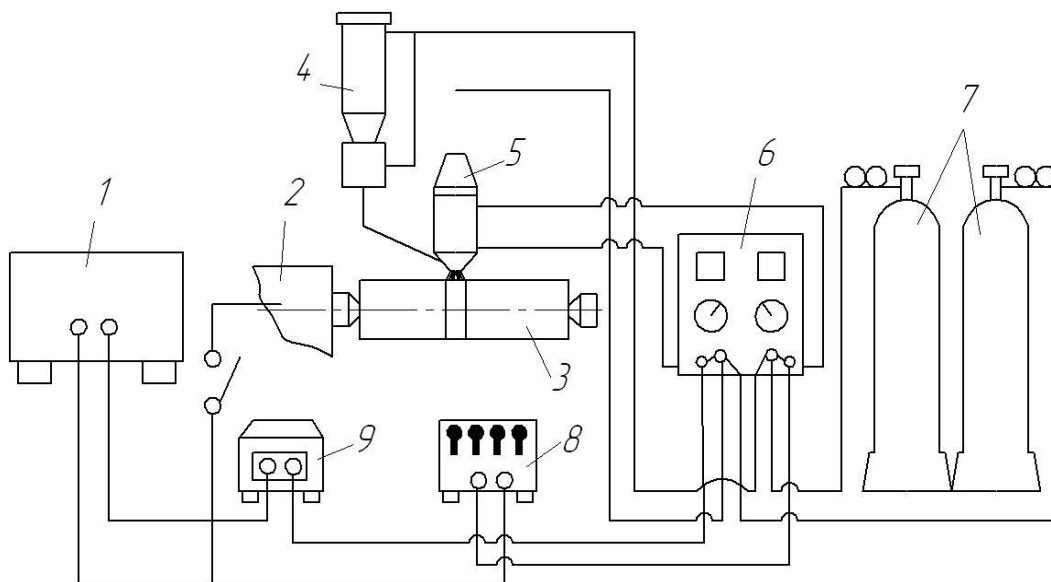
- 1, 2 - источники питания плазматрона; 3 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 4 - плазмообразующее сопло; 5- электродная проволока;
6 - механизм подачи электродной проволоки; 7 - токопроводы; 8 -
наплавляемая деталь

Рисунок 2.3 – Способ плазменной наплавки с применением двух присадочных проволок с подачей питания от автономных приводов

При прохождении проволок через скользящие контакты, эти проволоки подогреваются, что приводит к тому, что в сжатую дугу проволоки поступают в состоянии, близком к расплавленному. Изменяя силу тока и скорость подачи проволок, осуществляют управление толщиной наплавленного слоя и глубиной проплавления. При таком способе наплавки толщина наплаваемого слоя может достигать 3...8 мм за один проход.

ИЭС им. Е. О. Патона предложил способ плазменной наплавки с использованием металлических порошков (рис. 2.4). В настоящее время этот способ получил внедрение на большом числе отечественных предприятий. Этот способ позволяет производить восстановление и упрочнение деталей запорной арматуры: седел, тарелок, задвижек с диаметром от 100 до 400 мм. Наплавку ведут с применением хромоникелевых порошков (ПГ-СР3, ПГ-СР4), амплитуда колебаний составляет 25...40 мм, частота колебаний 0,7 Гц. Этот способ позволяет получать толщину наплаваемого слоя 4...4,5 мм.

В проектной технологии применим плазменную наплавку с подачей порошка в струю плазмы.



1 - источник питания дуги; 2 – вращатель детали; 3 – восстанавливаемая деталь; 4 – питатель наплавочного порошка; 5 - плазмотрон; 6 - пульт управления; 7 – газовые баллоны; 8 - балластный реостат; 9 – дроссель

Рисунок 2.4 – Схема осуществления способа плазменной наплавки с подачей наплавочного порошка

2.2 Выбор наплавочного материала

Наплавку уплотнительных поверхностей деталей запорной арматуры в основном осуществляют с применением сплавов на основе никеля с бором и кремнием с твердостью 45...50 HRCэ.

В этом случае наплавленный металл имеет хорошее сопротивление изнашиванию в условиях сухого трения «металл по металлу», его высокая твердость сохраняется при нагреве до температуры 600 °С. Наплавленный металл обладает стойкостью к коррозии в условиях действия агрессивных сред. Преимуществами применения Ni-Cr-Si-B-сплавов при плазменной наплавке являются:

- 1) низкая температура плавления, равная 1050...1150 °С;
- 2) умеренная цена по сравнению с ценой на порошки Co-Cr-W-C-сплавов;
- 3) возможность снизить температуру подогрева при наплавке.

Как показывает опыт, наплавка порошков Ni-Cr-Si-B-сплавов на низкоуглеродистые или низколегированные приводит к трудностям при обеспечении качества наплавленного слоя.

Стабильность процесса формирования наплавленных валиков при плазменной наплавке приводит к сокращению трудоемкость за счёт уменьшения припусков при механической обработке. Толщина слоя после наплавки составляет 3,8...4,2 мм, после механической обработки толщина слоя уменьшается до $3 \pm 0,5$ мм.

Выбор порошка для плазменной наплавки должен решать задачу по созданию композиционного состава, нанесение которого на восстанавливаемые поверхности не требует газовой защиты, позволяет сохранить высокую износостойкость покрытия. Эта задача решается путём использования смеси порошка на основе железа и никеля. Составы порошка на основе железа и на порошка на основе никеля представлены в табл. 2.1.

В подающейся наплавочной смеси содержание порошков на основе железа и на основе никеля составляет 70...75 % первого порошка и 30...25 %

второго порошка. Производят смешивание порошков, при этом фракционность каждого компонента должна составлять не более 100 мкм.

Таблица 2.1 – Состав присадочных порошков на основе железа и никеля

Порошок	На основе железа	На основе никеля
Хром	-	16...18
Марганец	10...12	-
Кремний	2,0...2,5	4,0...5,0
Углерод	3,3...3,5	0,9...1,5
Бор	2,5...3,0	4,0...4,7
Титан	3,0...4,0	-
Никель	-	Остальное
Железо	Остальное	-

2.3 Параметры режима наплавки

Принимают следующие режимы плазменной наплавки:

- 1) величина тока 180...190 А;
- 2) напряжение плазменной дуги 30 В;
- 3) расход порошка 12...14 г/мин;
- 4) расход плазмообразующего газа 1,2...2 л/мин;
- 5) частота колебаний плазматрона 0,4...0,5 Гц;
- 6) температура плавления наплавочного материала 1000...1300°С.

Образцы основного и наплавленного материала были подвергнуты испытаниям на абразивный износ. В ходе испытаний проводили сравнительный анализ наплавленного образца с образцом эталона (рис. 2.5). Испытание проводили путём абразивного изнашивания с одновременным истиранием образцов (рис. 2.6), что позволило получить относительную износостойкость, указывающую на увеличение износостойкости наплавленного образца по сравнению с оригиналом.

Результаты испытаний показывают, что поверхность изнашивается практически одинаково по всей толщине наплавленного слоя. Наплавленный образец изнашивается со скоростью, которая не превышает скорости износа у оригинала. Это говорит о правильности выбора параметров режима наплавки.

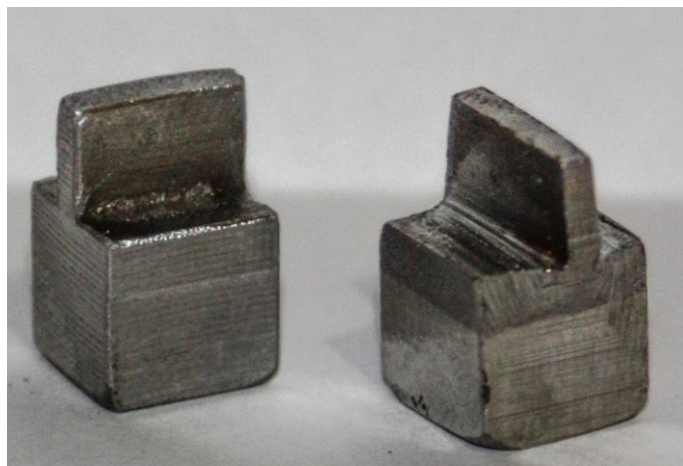


Рисунок 2.5 – Внешний вид эталонного (слева) и наплавленного (справа) образцов при испытаниях на абразивное изнашивание

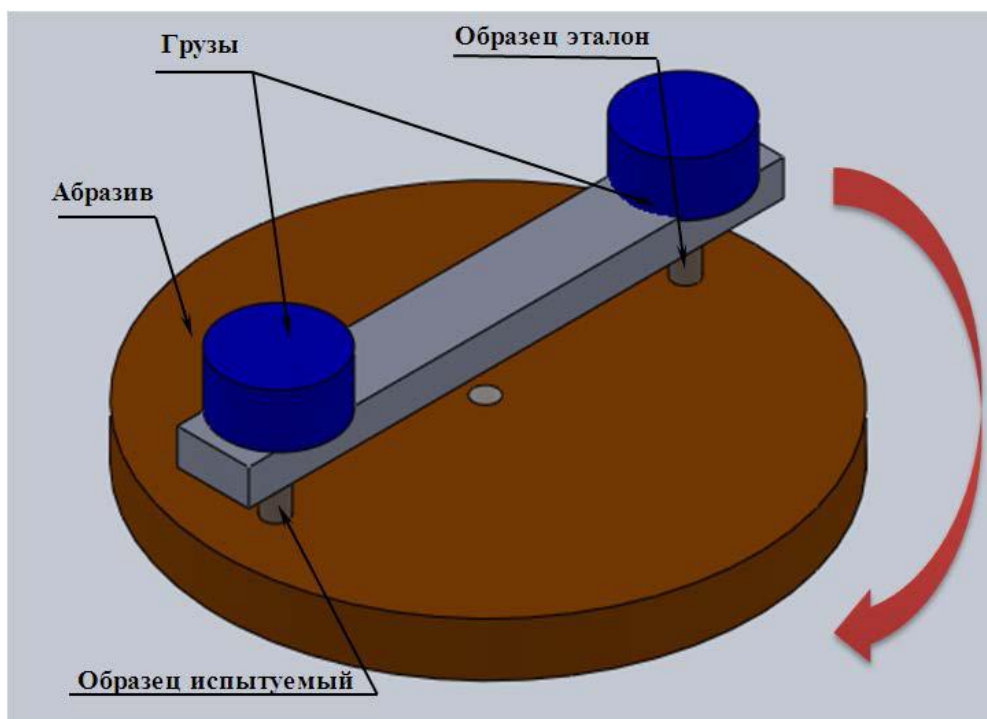


Рисунок 2.6 – Схема проведения испытаний на абразивный износ образцов

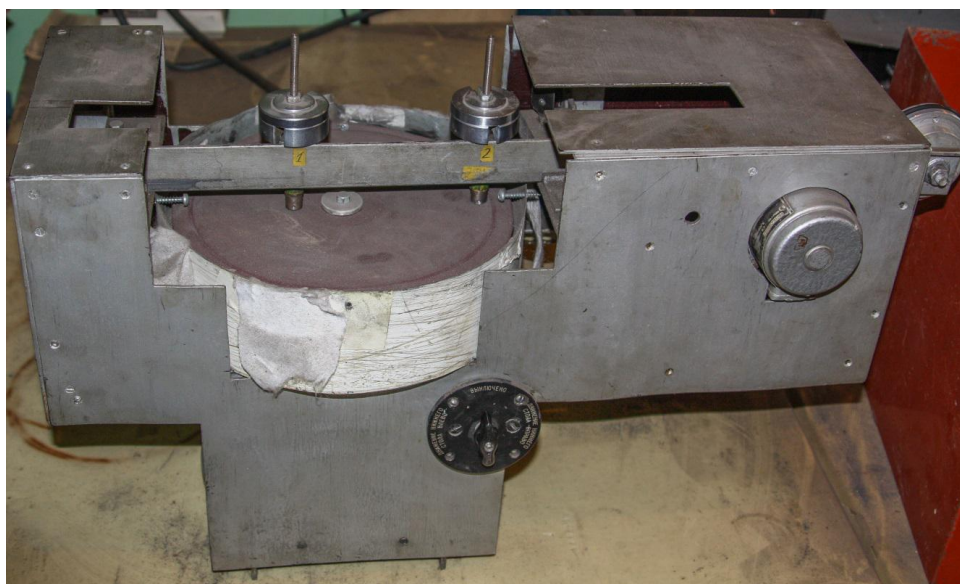


Рисунок 2.7 – Установка для испытаний на абразивный износ

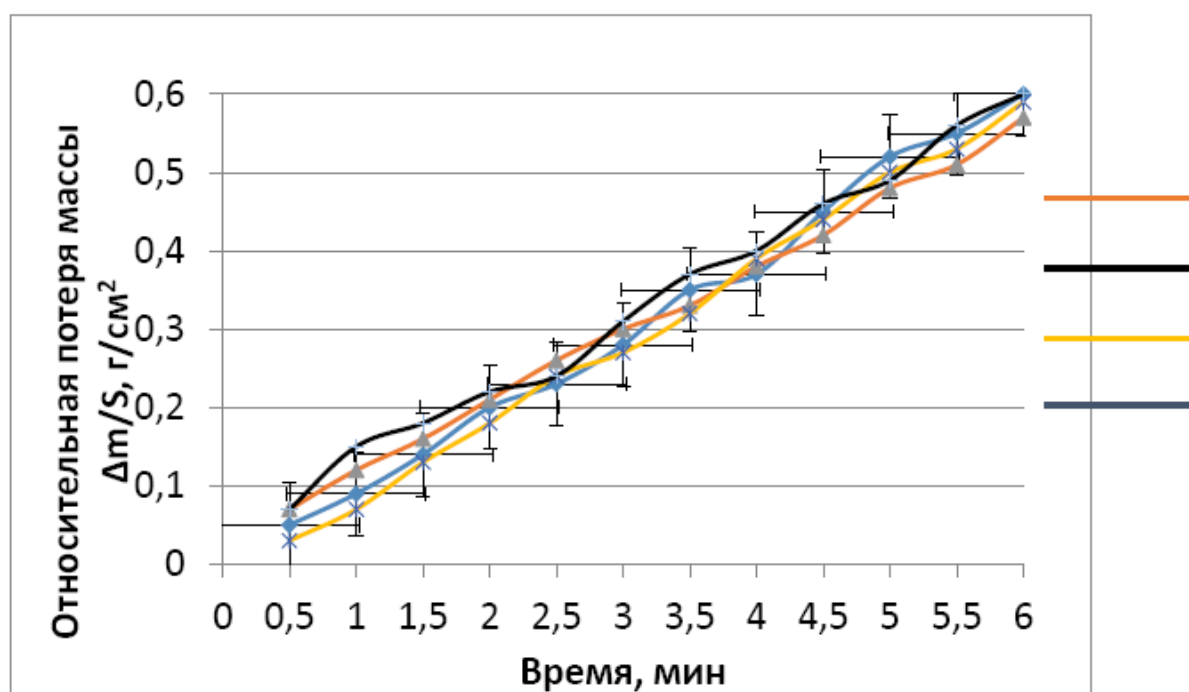


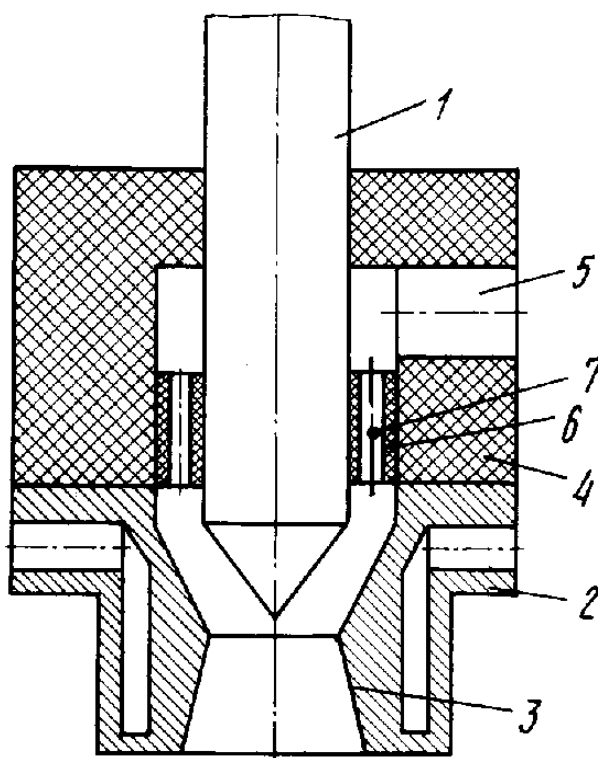
Рисунок 2.8 – Результаты испытаний образцов
на стойкость абразивному износу

2.4 Оборудование для плазменной наплавки

В работе предложено устройство для плазменной наплавки металлическим порошком (рис. 2.9), которое включает в себя: 1 – стержневой электрод; 2 – сопло; 3 – внутренний канал сопла; 4 – межэлектродный изолятор; 5 – система ввода рабочего газа с порошком; 6 – вставка; 7 – каналы вставки. В устройстве центральный стержневой электрод 1 и охватывающее его сопло 2 установлены соосно, причём сопло 2 имеет расширительный канал 3. Систему 5 для ввода рабочего газа снабжена вставкой 6 с каналами 7.

Работа предлагаемого устройства происходит следующим образом. Производят включение подачи охлаждающей воды и рабочего газа, подачу напряжения между центральным стержневым электродом 1, соплом 2 и изделием. Сначала происходит возбуждение дуги между центральным стержневым электродом 1 и соплом 2. Потом дуга возбуждается между центральным стержневым электродом 1 и изделием. Одновременно с возбуждением дуги производят включение подачи металлического наплавочного порошка. Наплавочный порошок с потоком рабочего газа подаётся в область горения дуги через каналы 7 вставки 6, где происходит его нагрев и расплавление. Далее в расплавленном виде наплавочный порошок подаётся на поверхность изделия. Благодаря тому, что сопло и изделие имеют одинаковый электрический потенциал исключено образование двойного дугообразования.

В случае если длина расширяющегося внутреннего канала сопла равна одному диаметру его минимального сечения, происходит нагрев порошков с фракцией 40...100 мкм до температур плавления. При увеличении длины расширяющегося внутреннего канала сопла до двух диаметров минимального сечения сопла происходит осаждение расплавленных частиц порошка на холодной поверхности канала, что нарушает нормальный режим наплавки.



1 – стержневой электрод; 2 – сопло; 3 – внутренний канал сопла;
 4 – межэлектродный изолятор; 5 - система ввода рабочего газа с порошком;
 6 – вставка; 7 – каналы вставки

Рисунок 2.9 – Схема устройства для плазменной наплавки

2.5 Схема питания плазматрона

Предлагаемая схема питания плазматрона (рис. 2.10) состоит из трехфазного выпрямителя 1 с отрицательным 2 и положительным 3 выводами, токоформирующего элемента 4, дросселя 5, плазматрона, содержащего катод 6, управляющего электрода 7, изделия 8, и схемы управления плазмотроном, которая включает в себя первую 9 и вторую 10 цепочки, а также осциллятора 11. Первая цепочка 9 производит включение последовательно соединенных первого конденсатора 12, второго дросселя 13, резистора 14 и ключа 15. Вторая цепочка 10 состоит из последовательно подключенных второго конденсатора 16 и третьего дросселя 17. Фильтрующий конденсатор 18 включен на выходе выпрямителя 1 и

расположен между отрицательным 2 и положительным 3 выводами выпрямителя 1. Диод 19 подключен за токоформирующим элементом 4 и расположен между отрицательным 2 и положительным 3 выводами выпрямителя 1. Присутствуют элементы заземления 20 и 21.

При работе устройства происходит замыкание искрового разряда через электрическую цепь №1, которая состоит из положительной обкладки первого конденсатора, первой и второй цепочек, управляющего электрода, искрового промежутка, катода, отрицательной обкладки первого конденсатора. Электрическая цепь №2 состоит из положительной обкладки фильтрующего конденсатора, второй цепочки, управляющего электрода, искрового промежутка, катода, дросселя, токоформирующего элемента, отрицательной обкладки фильтрующего конденсатора. Электрическая цепь №1 позволяет получить устойчивое зажигание дежурной дуги, горящей между управляющим электродом и катодом, что обеспечивается быстрым импульсным отбором энергии от первого конденсатора (получение пускового тока). Сопротивление резистора и волновое сопротивление цепи №1 ограничивают максимальный пусковой ток. Одновременно со спадом пускового тока в цепи №1 происходит нарастание тока в цепи №2. Протекание тока в цепи №1 прекращается в момент достижения напряжением на втором конденсаторе 16 своего максимального значения. В момент достижения током дежурной дуги максимального значения происходит подача под давлением плазмообразующего газа, выдувание его в плазму из области управляющего электрода в область анода. Это приводит к замыканию цепи №3, состоящей из положительной обкладки фильтрующего конденсатора, изделия, плазмы, катода, дросселя, токоформирующего элемента, отрицательной обкладки фильтрующего конденсатора. При это происходит переход плазмотрона в рабочий режим.

Падение пускового тока в цепи №1 и тока в цепи №2 при полной разрядке второго конденсатора приводит к погасанию дежурной дуги между управляющим электродом и катодом.

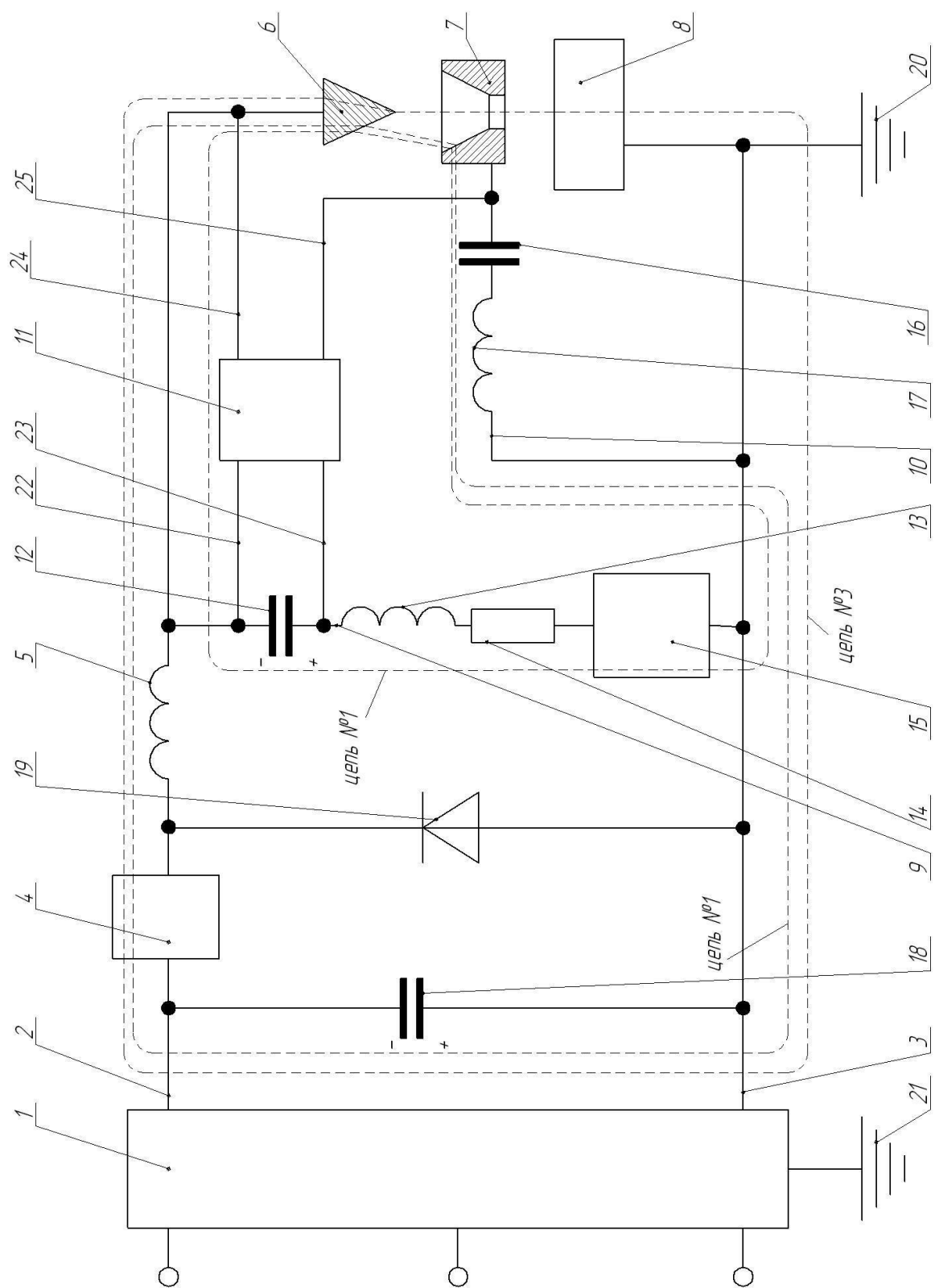


Рисунок 2.10 – Схема питания плазматрона

В рабочем режиме плазмотрона происходит падение напряжения на первом конденсаторе, ключ закрывается и осциллятор отключается.

В случае разрыва плазмы (аварийный режим) происходит рост напряжения между катодом и анодом, что вызывает открытие ключа и нарастание напряжения на первом конденсаторе, включение осциллятора и выработку на его выходе высоковольтного напряжения. Рабочий режим при этом восстанавливается.

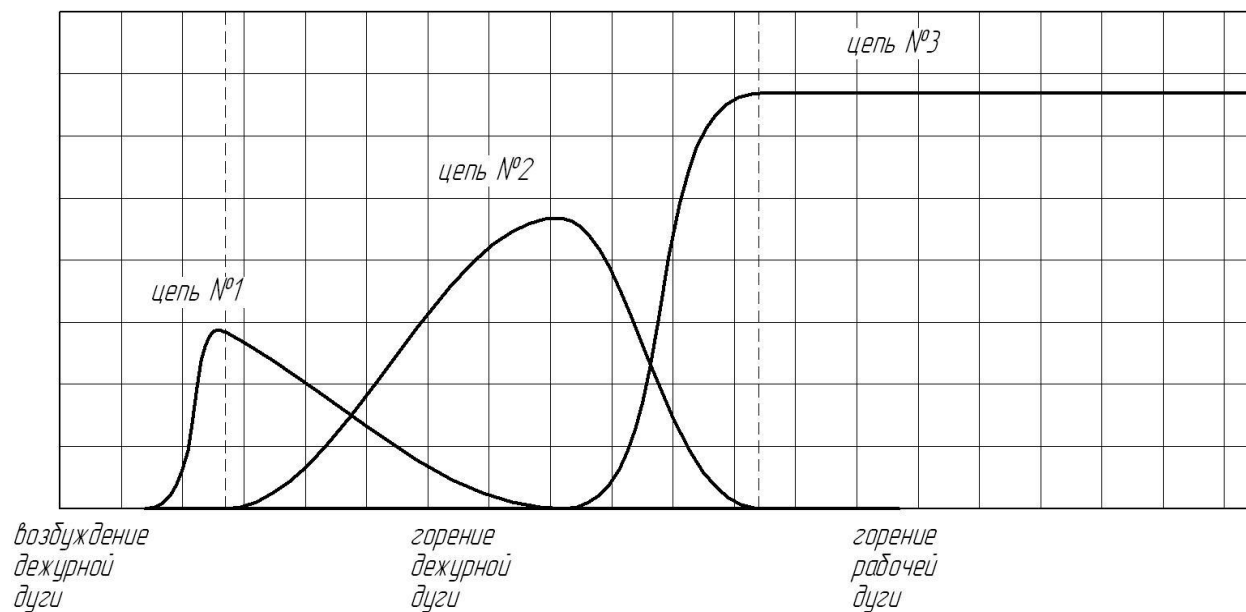


Рисунок 2.11 – Осциллограммы токов

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Восстановление по проектной технологии с применением плазменной наплавки происходит с выполнением следующих операций:

- 1) мойки;
- 2) предварительного подогрева;
- 3) наплавки предварительного слоя;
- 4) механической обработки;
- 5) дробеструйной обработки;
- 6) предварительного подогрева;
- 7) наплавки последующих слоёв;
- 9) механической обработки
- 10) контроля качества.

Эти операции осуществляются на участке, который содержит следующее технологическое оборудование:

- 1) моечная машина ММА1;
- 2) станок токарный 1К62ФЗС;
- 3) Дробеструйная камера ГАКМ-ДК-М;
- 4) Установка для плазменной наплавки;
- 5) электропечь СНО.

Выполнение сварочных работ может сопровождаться несчастными случаями и возникновением у персонала профессиональных заболеваний.

За соблюдением правил техники безопасности на предприятиях следит инспекция Госгортехнадзора РФ, инспектор ЦК профсоюзов, Государственная санитарная инспекция и Государственная инспекция пожарной охраны.

Таблица 3.1 – Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1. Мойка	Слесарь-сборщик	Моечная машина ММА1, дробеструйная камера ГАКС-ДК-М	Круг абразивный, ацетон, ветошь, дробь стальная
2. Наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка для наплавки	Азот, наплавочный порошок,
3. Контроль качества	Дефектоскопист	Твердомер	Ветошь

3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Мойка	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Машинка угловая шлифовальная, моечная установка ММА-1, дробеструйная камера ГАКС-ДК-М

1	2	3
2. Наплавка	- высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов - повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека - повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне	Установка наплавки
3. Контроль качества	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования - движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Твердомер

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Периодический инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующей окраски, установка ограждений	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки

1	2	3
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин и периодического контроля изоляции.	-
5. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Высокая запыленность и загазованность воздуха в рабочей зоне	Организация вентиляции	Респиратор

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарная автоматика	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	-	-	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Наличие плана эвакуации	Наличие лопаты, багра, топора	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок ремонтной сварки	Выпрямитель сварочный ВД-252, полуавтомат ПДГ-525, машинка шлифовальная	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Ремонтная наплавка	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при наплавке	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от порошка бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно о сталльной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Ремонтная сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарию.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для экономического расчёта

В работе предложена технология для восстановления поверхностей на деталях запорной арматуры. Базовая технология предусматривает использование ручной дуговой наплавки штучными электродами. Предложенный проектный вариант предусматривает применение плазменных способов наплавки.

Сравним недостатки базового варианта технологии и рассмотрим возможность их устранения с применением проектного варианта технологии. Результаты сравнения оформлены в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика базовой технологии и проектной технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварщик осуществляет контроль длины дуги, подачи присадочного материала, необходима высокая квалификация рабочего	Происходит механизированная подача присадки, улучшение условий труда сварщика, повышение производительности
Остающиеся огарки электродов увеличивают расход присадочного материала	Применение плазменной наплавки сокращает расход присадочного материала.
Наблюдается низкая скорость сварки, снижающая общую производительность наплавочных операций	Величина силы тока выше, увеличивается производительность наплавки.
Химический состав материала электрода и материала корпуса задвижки совпадают, не происходит увеличения срока службы восстановленного изделия	Применение присадочного материала оригинального химического состава позволяет получать наплавленный слой с хорошей сопротивляемостью трению и эрозии. Срок службы наплавленного слоя увеличивается.

Все необходимые для расчётов данные сведём в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Исходные данные для экономического расчёта

№ п/п	Показатель	Усл. Обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Годовая программа выпуска	Пг	Шт	5000	5000
2	Цена наплавочного материала	Цэл	Руб/кг	270	410
3	Удельная величина расхода аргона	Узг	М ³ /час	-	50
4	Цена аргона	Цзг	Руб/м ³	-	90
5	Номинальная мощность установки	Му	кВт	3,64	4,4
6	Значение коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
7	Цена электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	1,79	1,79
8	Тарифная ставка работника	Сч	Руб/час	200	200
9	Балансовая стоимость технологического оборуд.	Цоб	Руб	24000	56000
10	Норма амортизационных отчислений на техн. оборуд.	На	%	21	21
11	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
12	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
13	Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
14	Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксс	%	34	34
15	Срок службы изделия по баз/проект варианту	Тб/Тпр	Год	2	3
16	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
17	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
18	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
19	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
20	Коэффициент учитыв. затраты на монтаж (демонтаж оборуд.)	Кмонт	%	3	2
21	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	Ен	-	0,33	0,33
22	Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
23	Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	2,15	2,15
24	Коэффициент внепроизводственных расходов	Квн	%	5	5

4.2 Расчет норм времени

Рассчитываем нормы времени на изменяющиеся операции в базовом и проектном технологических процессах. Машинное время определяем по технологической части.

Производим расчёты штучного времени:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (4.1)$$

где $t_{маш}$ – машинное время, определяется из технологии;

$t_{всп}$ – вспомогательное время, задаётся как $t_{всп}=10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время, необходимое на обслуживание оборудования и рабочего места, задаётся как $t_{обсл} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, задаётся как $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ - время подготовительно-заключительное, задаётся как $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

$$t_{маш.баз.} = 4000/160 = 25 \text{ мин} = 0,4 \text{ часа}$$

$$t_{шт.баз.} = 25 + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 10\% + 25 \cdot 5\% + 25 \cdot 1\% = 31,5 \text{ мин.} = 0,525 \text{ час}$$

$$t_{маш.пр.} = 4000/300 = 13,33 \text{ мин} = 0,22 \text{ часа, тогда}$$

$$t_{шт.пр.} = 13,33 + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 10\% + 13,33 \cdot 5\% + 13,33 \cdot 1\% = 16,789 \text{ мин.} = 0,28 \text{ час}$$

4.3 Фонд времени работы оборудования и количество оборудования

Рассчитываем номинальный годовой фонда времени работы оборудования по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.2)$$

где D_p – содержащиеся в году рабочие дни;

$T_{см}$ – величина продолжительности смены;

$T_{п}$ – количество часов, на которые происходит сокращение смены в предпраздничные дни;

$D_{п}$ – предпраздничные дни;

C – количество смен.

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Рассчитываем эффективный фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_3 = F_H \cdot (1 - B/100), \quad (4.3)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

$$F_3 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ часов.}$$

Далее рассчитываем количество оборудования, необходимое по технологическому процессу, с учётом установленной производственной программы, составляющей 5000 изделий в год.

Рассчитываем требуемое число рабочих мест (единиц оборудования), необходимых на проведение технологического процесса:

$$n_{\text{ДАН} \times} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \dot{I}_{\text{А}}}{F_3 \cdot \hat{E}_{\text{Аі}}}, \quad (4.4)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время наплавки поверхности, час ;

$\dot{I}_{\text{А}}$ – годовая программа, штук в год;

F_3 – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

$n_{\text{расч}}$ – расчетное количество мест, шт.;

$\hat{E}_{\text{Аі}}$ – коэффициент выполнения нормы, 1,1.

$$n_{\text{ДАН} \times \text{.а}} = \frac{0,525 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,58 \text{ шт.}$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{.і д}} = \frac{0,28 \cdot 5000}{4108 \cdot 1,1} = 0,31 \text{ шт.}$$

Определяем количество рабочих мест $n_{\text{пр}}$ путём округления полученного значения $n_{\text{расч}}$ до ближайшего большего целого числа,

По базовой технологии $n_{\text{пр}} = 1$ шт, по проектной технологии $n_{\text{пр}} = 1$ шт.

Расчёт коэффициента загрузки рабочих мест (оборудования) производим по формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}, \quad (4.5)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество оборудования;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество оборудования.

$$K_{з.баз.} = 0,58/1 = 0,58$$

$$K_{з.пр.} = 0,31/1 = 0,31$$

4.4 Расчет общих капитальных затрат

Вычисление капитальных затрат по базовому варианту производим по формуле:

$$K_{ОБЩ.Баз.} = K_{ОБ.Баз.} = n \cdot Ц_{ОБ.Баз.} \cdot K_{з.Баз.}, \quad (4.6)$$

где $Ц_{ОБ}$ – величина остаточной стоимости оборудования, учитывая срока служб, рублей;

n – необходимое количество оборудования, используемого для выполнения производственной программы;

K_z – значение коэффициента загрузки оборуд.

$$Ц_{ОБ.Баз.} = Ц_{ПЕРВ} - (Ц_{ПЕРВ} \cdot T_{СЛ} \cdot N_A / 100), \quad (4.7)$$

где $Ц_{ПЕРВ}$ – стоимость приобретения оборудования, руб – 24000 руб;

$T_{СЛ}$ – срок службы оборудования на момент выполнения дипломного проекта, лет – 2,5 года по данным предприятия;

N_A – норма амортизации оборудования.

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

$$K_{ОБЩ.Баз.} = 1 \cdot 11400 \cdot 0,58 = 6612 \text{ рублей}$$

Расчёт капитальных затрат по проектной технологии производим по формуле:

$$K_{ОБЩ.Пр.} = K_{ОБ.Пр.} + K_{ПЛ.Пр.} + З_{СОП.Пр.}, \quad (4.8)$$

где $K_{ОБ.Пр.}$ – величина капитальных вложений в оборудование, руб;

$K_{ПЛ.Пр.}$ – величина капитальных вложений в дополнит. площади, руб;

$З_{СОП.Пр.}$ – сопутст. капитальные затраты, рублей

$$K_{ОБ.Пр.} = n \cdot Ц_{ОБПр} \cdot K_{Т-З} \cdot K_{зпр}, \quad (4.9)$$

где $Ц_{ОБ.Пр.}$ – затраты на приобретение нового оборудования, рублей (56000 рублей);

$K_{Т-З}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

n – количество единиц технологического оборуд.;

$K_{з.пр.}$ – коэффициент загрузки оборудования по проектной технологии.

$$K_{ОБ.Пр.} = 1 \cdot 56000 \cdot 1,05 \cdot 0,31 = 18228 \text{ рублей}$$

$$K_{ПЛ.Пр.} = C_{ПЛ} \cdot (S_{Пр} - S_{Б}) \cdot K_{зпр}, \quad (4.10)$$

где $S_{Пр} - S_{Б}$ – дополнительная площадь по проектному варианту, m^2 ;

$C_{ПЛ}$ – затраты на приобретение площадей, рублей/ m^2 ;

$K_{зпр}$ – значение коэффициента загрузки по проектной технологии.

$$K_{ПЛ.Пр.} = 3000 \cdot (11 - 8) \cdot 0,31 = 2790 \text{ рублей}$$

$$З_{СОП} = З_{ДЕМ} + З_{МОНТ}, \quad (4.11)$$

где $З_{ДЕМ}$ – затраты на демонтаж оборудования для осуществления базовой технологии, рублей;

$З_{МОНТ}$ – затраты на монтаж нового оборудования, рублей

$$З_{ДЕМ} = n \cdot C_{ОБ.Б} \cdot K_{ДЕМ} / 100, \quad (4.12)$$

где $K_{ДЕМ}$ – значение коэффициента затрат на демонтаж оборудования, %.

$$З_{ДЕМ} = 1 \cdot 24000 \cdot 3 / 100 = 720 \text{ рублей}$$

$$З_{МОНТ} = n \cdot C_{ОБ.Пр.} \cdot K_{МОНТ} / 100,$$

где $K_{МОНТ}$ – значение коэффициента затрат на монтаж оборудования для проектной технологии, %.

$$З_{МОНТ} = 1 \cdot 56000 \cdot 2 / 100 = 1120 \text{ рублей}$$

$$З_{СОП} = 720 + 1120 = 1840 \text{ рублей}$$

Определяем капитальные затраты по проектной технологии:

$$K_{ОБЩ.Пр.} = 18228 + 2790 + 1840 = 22858 \text{ рублей}$$

Расчёт дополнительных капитальных вложений производим по формуле:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩ.Пр.} - K_{ОБЩ.Баз.} \quad (4.13)$$

$$K_{ДОП} = 22858 - 6612 = 16246 \text{ руб}$$

Расчёт удельных капитальных вложений производим по формуле:

$$K_{уд} = K_{ОБЩ} / П_{Г}, \quad (4.14)$$

где $П_{Г}$ – годовая программа выпуска, шт/год.

$$K_{уд.Баз.} = K_{ОБЩ.Баз.} / П_{Г} = 6612 / 5000 = 1,32 \text{ рублей}$$

$$K_{уд.Пр.} = K_{ОБЩ.Пр.} / П_{Г} = 22858 / 5000 = 4,57 \text{ рублей}$$

4.5 Технологическая себестоимость сравниваемых вариантов

Технологическую себестоимость в проектной и базовой технологии рассчитываем по изменяющимся операциям технологии. В нашем случае изменилась операция наплавки.

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на наплавочный материал по базовой технологии рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{б}} = M_{\text{ЭЛБ}} = C_{\text{ЭЛ}} \cdot N_{\text{рЭЛ}}; \quad (4.15)$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – цена электродов, руб/кг;

$N_{\text{рЭЛ}}$ – норма расхода электродов, кг.

$$M_{\text{ЭЛ.Баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на присадочный материал по проектному варианту технологии производим по формуле:

$$M_{\text{П.Пр.}} = C_{\text{П}} \cdot N_{\text{рП}}, \quad (4.16)$$

где $C_{\text{П}}$ – цена порошка, руб/кг;

$N_{\text{рП}}$ – норма расхода порошка, кг.

$$M_{\text{П.Пр.}} = 410 \cdot 0,448 = 138,88 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на защитный газ осуществляем только для проектного варианта:

$$З_{\text{з.Г.}} = C_{\text{з.Г.}} \cdot N_{\text{рз.Г.}}, \quad (4.17)$$

где $C_{\text{з.Г.}}$ – цена защитного газа, рублей/литр;

$N_{\text{рз.Г.}}$ – норма расхода защитного газа, литр.

$$З_{\text{з.Г.}} = 90 \cdot 0,213 = 19,17 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на материалы по проектной технологии:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{ппр}} + З_{\text{зГ}} = 138,88 + 19,17 = 158,05 \text{ рублей}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды

Расчёт затрат на основную заработную плату производим по формуле:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.18)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

K_d – коэффициент, учитывающий доплаты к осн. заработной плате;

$t_{шт}$ – норма штучного времени, час

$$Z_{осн.баз.} = 0,525 \cdot 200 \cdot 1,88 = 197,4 \text{ рублей}$$

$$Z_{осн.пр.} = 0,28 \cdot 200 \cdot 1,88 = 105,28 \text{ рублей}$$

Расчёт затрат на дополнительную заработную плату производим по формуле

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100, \quad (4.19)$$

где $K_{доп}$ – коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату.

$$Z_{доп.баз.} = 197,4 \cdot 12 / 100 = 23,69 \text{ рубля}$$

$$Z_{доп.пр.} = 105,28 \cdot 12 / 100 = 12,63 \text{ рубля}$$

Расчёт фонда заработной платы производим по формуле

$$\Phi ЗП = Z_{осн} + Z_{доп}. \quad (4.20)$$

$$\Phi ЗП_{баз.} = 197,4 + 23,69 = 221,09 \text{ рублей}$$

$$\Phi ЗП_{пр.} = 105,28 + 12,63 = 117,91 \text{ рублей}$$

Расчёт отчислений на социальные нужды производим по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сс} / 100, \quad (4.21)$$

где $K_{сс}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды, %.

$$O_{сн.баз.} = 221,09 \cdot 34 / 100 = 75,17 \text{ рублей}$$

$$O_{сн.пр.} = 117,91 \cdot 34 / 100 = 40,08 \text{ рублей}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

Расчёт затрат на амортизацию оборудования производим по формуле:

$$A_{об} = \frac{K_{об} \cdot t_{ам} \cdot n}{F_y \cdot 100}, \quad (4.22)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование по базовому и проектному вариантам, руб;

$t_{ам}$ – норма амортизации оборудования, %;

n – машинное время.

$$A_{об} = \frac{16612 \cdot 0,41 \cdot 21 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 0,34 \text{ рублей}$$

$$\hat{A} \hat{a} \hat{i} \hat{\delta} = \frac{22858 \cdot 0,28 \cdot 21 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 0,26 \text{ рублей}$$

Расходы на электроэнергию

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} = \frac{\hat{I} \hat{o} \cdot \hat{O} \hat{y} - \hat{y} \cdot \hat{t} \hat{i} \hat{a} \hat{o} \cdot n}{\hat{E} \hat{i} \hat{A}}, \quad (4.23)$$

где M_y – мощность установки, кВт;

Цэ-э – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия технологического оборудования;

n – количество установок.

Определение мощности установки производим по параметрам режима сварки: силе тока и напряжению,

$$M_{y, \text{баз.}} = 125 \cdot 23 = 2875 \text{ Вт} = 2,75 \text{ кВт}$$

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} \hat{a} = \frac{2,75 \cdot 1,79 \cdot 0,41 \cdot 1}{0,7} = 2,88 \hat{o} \hat{a}.$$

$$M_{y, \text{пр.}} = 340 \cdot 30 = 10200 \text{ Вт} = 10,2 \text{ кВт}$$

$$\hat{D} \hat{y} - \hat{y} \hat{i} \hat{o} = \frac{10,2 \cdot 1,79 \cdot 0,22 \cdot 1}{0,7} = 5,73 \hat{o} \hat{a}.$$

Таким образом, затраты на оборудование составят

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}} \quad (4.24)$$

$$Z_{\text{об. баз.}} = 0,34 + 2,88 = 3,22 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об. пр.}} = 0,26 + 5,73 = 5,99 \text{ рублей}$$

Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

Расчёт амортизации производственных площадей производим по формуле:

$$\hat{A} \hat{i} \hat{e} = \frac{\hat{O} \hat{i} \hat{e} \cdot S \cdot \hat{t} \hat{o} \hat{o} \cdot \hat{I} \hat{a} \hat{i} \hat{e}}{\hat{F} \hat{y} \cdot 100}, \quad (4.25)$$

где Цпл – стоимость приобретения площадей, руб/м²;

S – площадь, необходимая для выпуска изделий, м²;

Нпл – амортизационные отчисления на площади, %.

$$Àï\grave{a} = \frac{3000 \cdot 21 \cdot 0,525 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 3,38 \text{ рублей}$$

$$Àï\grave{e}ï\grave{o} = \frac{3000 \cdot 24 \cdot 0,28 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 2,06 \text{ рублей}$$

Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию площадей производим по формуле:

$$Р_{\text{эксп}} = С_{\text{эксп}} \cdot S \cdot \text{шт}/F_{\text{э}} \quad (4.26)$$

где $С_{\text{эксп}}$ – стоимость эксплуатации площадей.

$$Р_{\text{эксп.баз.}} = 1800 \cdot 21 \cdot 0,525 / 2054 = 9,66 \text{ рублей}$$

$$Р_{\text{эксп.пр.}} = 1800 \cdot 24 \cdot 0,28 / 2054 = 5,88 \text{ рублей}$$

Рассчитываем затраты на производственные площади

$$З_{\text{пл}} = А_{\text{пл}} + Р_{\text{эксп}} \quad (4.27)$$

$$З_{\text{пл.баз.}} = 3,38 + 9,66 = 13,04 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{пл.пр.}} = 2,06 + 5,88 = 7,94 \text{ рублей}$$

Технологическая себестоимость

Расчёт технологической себестоимости производим как сумму всех затрат по формуле:

$$С_{\text{тех}} = М + ФЗП + О_{\text{сн}} + З_{\text{об}} + З_{\text{пл}} \quad (4.28)$$

$$С_{\text{тех.баз.}} = 129,6 + 221,09 + 75,17 + 3,02 + 13,04 = 442,12 \text{ рублей}$$

$$С_{\text{тех.пр.}} = 158,05 + 117,91 + 40,08 + 5,99 + 7,94 = 329,97 \text{ рублей}$$

4.6 Цеховая себестоимость

$$С_{\text{цех}} = С_{\text{тех}} + Р_{\text{цех}}; \quad (4.29)$$

где $Р_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, рублей

$$Р_{\text{цех}} = З_{\text{осн}} \cdot К_{\text{цех}} \quad (4.30)$$

где $К_{\text{цех}}$ – коэффициент, учитывающий цеховые расходы;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, рублей

$$С_{\text{цех.баз.}} = 442,12 + 197,4 \cdot 1,5 = 442,12 + 296,1 = 738,22 \text{ рублей}$$

$$С_{\text{цех.пр.}} = 329,97 + 105,28 \cdot 1,5 = 329,97 + 157,92 = 487,89 \text{ рублей}$$

4.7 Заводская себестоимость

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + K_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.31)$$

где $P_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, рублей

$K_{\text{зав}}$ – коэффициент, учитывающий общезаводские расходы

$$C_{\text{зав.баз.}} = 738,22 + 197,4 \cdot 2,15 = 738,22 + 424,41 = 1162,63 \text{ рублей}$$

$$C_{\text{зав.пр.}} = 487,89 + 105,28 \cdot 2,15 = 487,89 + 226,35 = 714,24 \text{ рублей}$$

4.8 Калькуляция и структура себестоимости

Таблица 4.3 – Структура себестоимости

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	проект
1	Расходы на материалы	М	129,6	158,05
2	Фонд заработной платы	ФЗП	221,09	117,91
3	Расходы на отчисления на социальные нужды	Осн	75,17	40,08
4	Величина затрат на оборудование	Зоб	3,22	5,99
5	Величина затрат на площади	Зпл	13,04	7,94
	Значение технологической себестоимости	Стех	442,12	329,97
6	Величина цеховых расходов		296,1	157,92
	Значение цеховой себестоимости	Сцех	738,22	487,89
7	Величина заводских расходов		424,41	226,35
	Значение заводской себестоимости	Сзав	1162,63	714,24

4.8 Расчет экономической эффективности проекта

Расчёт показателя снижения трудоемкости производим по формуле

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штгпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (4.32)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,525 - 0,28}{0,525} \cdot 100\% = 46\%$$

Расчёт показателя снижения технологической себестоимости производим по формуле

$$\Delta \tilde{N}_{\text{ш}} = \frac{\tilde{N}_{\text{шб}} - \tilde{N}_{\text{шгпр}}}{\tilde{N}_{\text{шб}}} \cdot 100\% \quad (4.33)$$

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{442,12 - 329,97}{442,12} \cdot 100\% = 25\%$$

Расчёт показателя повышения производительности труда производим по формуле:

$$\Pi_{\text{т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.34)$$

$$\Pi_{\text{т}} = \frac{100 \cdot 46}{100 - 46} = 85\%$$

Расчёт условно-годовой экономической эффективности производим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{зав.баз.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\text{т}} \quad (4.35)$$

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (1162,63 - 714,24) \cdot 5000 = 2241950 \text{ рублей}$$

В результате применения проектной технологии получено повышение срока службы вала по сравнению с базовой технологией. Также получено снижение себестоимости операции восстановления. Поэтому получаемый экономический эффект будет и в сфере производства, и в сфере эксплуатации.

Расчёт годового экономического эффекта в сфере производства производим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{гп}} = [(C_{\text{завб}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удб}}) - (C_{\text{завпр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot \Pi_{\text{т}} \quad (4.36)$$

$$\mathcal{E}_{\text{гп}} = [(1162,63 + 0,33 \cdot 1,32) - (714,24 + 0,33 \cdot 4,57)] \cdot 5000 = 2236588 \text{ рублей}$$

Расчёт годового экономического эффекта в сфере эксплуатации производим по формуле:

$$\text{ЭГЭ} = [(C_{\text{ЗавБ}} \cdot T_2 / T_1 + E_H \cdot K_{\text{удБ}}) - (C_{\text{ЗавПР}} + E_H \cdot K_{\text{удПР}})] \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.37)$$

где T_2 и T_1 – срок службы по проектной технологии и базовой технологии соответственно.

$$\text{ЭГЭ} = [(1162,63 \cdot 3/2 + 0,33 \cdot 1,32) - (714,24 + 0,33 \cdot 4,57)] \cdot 5000 = 5143162 \text{ рублей}$$

Производим вычисление суммарного экономического эффекта

$$\text{Э}\Sigma = \text{ЭГЭ} + \text{ЭГП} = 2236588 + 5143162 = 7378750 \text{ рублей}$$

Расчёт срока окупаемости дополнительных капитальных вложений производим по формуле

$$\dot{O}_{\hat{E}} = \frac{\Delta \hat{E}}{\dot{Y}_{\hat{O}\hat{A}}} = \frac{\hat{E}_{\ddot{O}} - \hat{E}_{\acute{A}}}{\dot{Y}_{\hat{O}\hat{A}}} \quad (4.38)$$

$$T_{OK} = \frac{22858-6612}{2241950} = 0,007 \text{ года}$$

4.9 Выводы по экономическому разделу

По сравнению с восстановлением по базовой технологии в проектной технологии произошло уменьшение трудоемкости на 46%, себестоимости технологической на 25%. Внедрение прогрессивных методов восстановления детали позволило получить повышение производительности труда на 85%. Эти достигнуто благодаря механизации процесса восстановления.

Кроме этого, применение проектной технологии приводит к тому, что наплавленный слой получается с повышенным сопротивлением износу. Это позволит увеличить срок службы в 1,5 раза.

Применение предлагаемых в проекте решений позволяет получение экономического эффекта в сфере производства и эксплуатации в размере 7,4 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе поставлена цель – повышение производительности восстановления и качества реновации запорной арматуры нефтехимических производств..

При анализе состояния вопроса рассмотрена базовая технология восстановления поверхностей запорной арматуры с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами. Недостатками такой технологии являются:

- 1) малая производительность наплавки;
- 2) низкое качество наплавки;
- 3) большие потери металла на угар, разбрызгивание и огарки;
- 4) потери времени и качества из-за периодической смене электрода.

При анализе возможных способов восстановления поверхностей валов были рассмотрены:

- 1) ручная дуговая наплавка с применением штучных электродов;
- 2) механизированная наплавка в защитных газах;
- 3) газопламенное нанесение покрытий;
- 4) лазерная наплавка;
- 5) плазменное нанесение покрытия.

Для достижения поставленной цели проведены следующие работы:

- 1) произведён выбор наплавочного материала, обеспечивающего увеличение срока службы восстановленной детали.
- 2) Разработан технологический процесс наплавки.
- 3) Проведены мероприятия, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья производственного персонала.
- 4) Произведено экономическое обоснование предложенных технических решений.

Внедрение проектной технологии позволяет получить годовой экономический эффект 7,4 млн. рублей Цель работы считается достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Страхов, В. А. Разработка и исследование ресурсосберегающих технологий восстановления дорогостоящих деталей агрегатов теплоэнергетики : дис. ... канд. техн. наук : 050208 / Вячеслав Александрович Страхов : Ижевский гос. техн. ун-т. – Ижевск. – 2004.

2. Переплетчиков, Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 57–61.

3. Уварова, С. Г. Разработка методики прогнозирования качества защитных износостойких покрытий, выполненных способом сверхзвуковой газопорошковой наплавки на объектах Ростехнадзора : дис. ... канд. техн. наук : 050210 / Стелла Германовна Уварова : Алтайский гос. техн. ун-т. им. И. И. Ползунова. – Барнаул. – 2012.

4. Мустафин, Ф. М. Трубопроводная арматура: учеб. пособие / Ф. М. Мустафин, А. Г. Гумеров [и др.] – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.

5. Нуракова, А. С. Анализ экономической эффективности технологических вариантов восстановления изношенных деталей при ремонте машин / А. С. Нуракова // Вестник Евразийского Гуманитарного института. – 2005. – №3. – С. 56 – 61.

6. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.

7. Гуревич, Д. Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры / Д. Ф. Гуревич. – М.: Машиностроение, 1988. – 320 с.

8. Гумеров, А. Г. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / А. Г. Гумеров., Р. С. Гумеров, А. М. Акбердин. – М.: Недра, 2001. – 470 с.

9. Сейнов, С. В. Задвижки клиновые. Использование. Техническое обслуживание. Ремонт: справ. пособ. / С. В. Сейнов, Ю. С. Сейнов. – М.: Инструмент, 2003. – 144 с.
10. Сейнов, С.В. Участки для ремонта арматуры: справ. пособ./ С. В. Сейнов. – М.: Инструмент, 2003. – 136 с.
11. Молодык, Н. В. Восстановление деталей машин / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
12. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
13. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
14. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
15. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
16. Хасуй, А. Наплавка и напыление / А. Хасуй, О. Мorigаки. – М. Машиностроение, 1985. – 239 с.
17. Сидоров, А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
18. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.
19. Петровский, В. Н. Лазерная наплавка с использованием излучения волоконного лазера / В. Н. Петровский, П. С. Джумаев, В. И. Польский // Научная сессия МИФИ-2010. – Т.2 Нанозфизика и нанотехнологии. Фундаментальные проблемы науки. – 2010.

20. Балдаев, Л. Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л. Х. Балдаев, В. С. Степин, О. Е. Грачев, М. А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. – № 1. – 2015.

21. Гаврилов, Г. Н. Разработка и освоение технологий поверхностного термического упрочнения и наплавки металлических материалов лазерным излучением : дис. ... докт. техн. наук – Нижегородской гос. техн. ун-т. – Нижний Новгород. – 2000.

22. Краснов, А. Н. Низкотемпературная плазма в металлургии / А. Н. Краснов, С. Ю. Шаривкер, В. Г. Зильберберг. – М.: Металлургия, 1970. – 215 с.

23. Вайнерман, А. Е. Плазменная наплавка металлов / А. Е. Вайнерман, М. Х. Шоршоров, В. Д. Веселков, В. С. Новосадов. – М.: Машиностроение, 1969 г. – 192 с.

24. Усов, Л. Н. Применение плазмы для получения высокотемпературных покрытий / Л. Н. Усов, А. И. Борисенко. - М.: Наука, 1965. – 84 с.

25. Ильичев, М. В. Формирование структуры и свойств при плазменной наплавке износостойких покрытий на медь и высокоуглеродистую, марганцовистую стали : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.01. – 2007.

26. Устройство для плазменной наплавки (Патент RU 2008154)

27. Устройство питания плазмотрона (Патент RU 2325253)

28. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

29. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

30. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

31. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
32. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
33. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
34. 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.