

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонтной сварки валцов дробилки

Обучающийся

М.Ю. Баранов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки массивных деталей из чугуна.

В качестве конкретного примера в настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрена технология исправления дефектов на вальцах дробилки.

В ходе анализа исходных данных выполнен анализ условий работы типового изделия – валка дробилки и проведён анализ свойств материала, из которого валок изготавливается – чугун ВЧ45. При анализе базовой технологии ремонтной сварки с применением электродов МНЧ-2 выявлены её недостатки: низкая производительность работ, недостаточная прочность наплавленного металла, образование пор и трещин в наплавленном металле.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку порошковой проволокой.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки.

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

Производительность труда повышается на 194 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 55 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия могут быть перенесены на аналогичные случаи ремонтной сварки в других производствах.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние проведения ремонта вальцов дробилок.	7
1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия	7
1.2 Сведения о материале детали и проблемы его свариваемости	12
1.3 Базовая технология исправления дефектов на валках.	17
1.4 Анализ базовой технологии.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	17
2 Построение проектной технологии ремонтной сварки деталей из чугуна.	19
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	19
2.2 Выбор сварочной проволоки для исправления дефектов деталей машин из чугуна	27
2.3 Повышение производительности ремонтной сварки деталей из чугуна порошковой проволокой.	28
2.4 Операции проектного технологического процесса	32
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	34
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	34
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	35
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	37
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	38
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	40
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений	42

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям	42
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	44
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	47
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии	51
4.6 Показатели экономической эффективности.	53
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

Валковые агрегаты, выполняющие функцию измельчения сырья и отходов, получили широкое распространение в машиностроении, строительстве и других отраслях. Это оборудование применяется при производстве стекла, цемента, керамики, оно позволяет измельчать до мелкой фракции различное сырьё, удалять из глины каменные включения, выполнять помол материалов с малой и средней прочностью.

Перед другими видами дробилок валковую дробилку выгодно отличает простота конструкции, минимальное количество изнашиваемых частей, безопасность эксплуатации и обслуживания, незначительный уровень вибраций. Замена изношенных агрегатов и деталей валковых дробилок осуществляется намного проще, чем у дробилок других конструкций. В качестве недостатка валковой дробилки, который существенно усложняет их внедрение в производство, следует указать интенсивный износ рабочего органа при переработке материала высокой прочности. Рабочим органом валковой дробилки является валок, который составляет существенную часть массы, габаритов и стоимости дробилки.

Обод валка дробилки выполняют из чугуна посредством литья. По статистике порядка 45 % по массе деталей машин в настоящее время изготавливается с применением технологии литья, при этом для 75 % из них применяется чугун. Как показывают экономические прогнозы, доля применения чугунов для изготовления деталей машин будет увеличиваться.

Также следует принимать во внимание, что следование предприятий Российской Федерации мировой экологической повестке заставляет существенно уменьшать энергопотребление и потребление ресурсов.

Соблюдение требования энергосбережения и ресурсосбережения делает необходимым повсеместное применение технологий реновации, которые позволяют применять восстановленные детали машин вместо вновь приобретаемых деталей машин. Восстановление детали требует меньших

затрат энергии и металла, чем изготовление новой детали. Также при возможности восстановления изношенной детали и её повторного использования нет необходимости дожидаться поставок новых деталей или хранить запас деталей на складе [3], [7].

Таким образом, следует признать приоритетным направлением развитие технологий наплавки и напыления при восстановлении деталей машин.

Повышение эффективности современного производства связано не только с необходимостью решения вопроса повышения стабильности качества. Разрабатываемые методики контроля и прогрессивные технологические процессы позволяют существенно снизить трудоёмкость выполнения работ и многократно повысить производительность. Поскольку предприятия Российской Федерации находятся в условиях жесточайшей конкуренции с западными и азиатскими производствами, то задача повышения производительности также актуальна. Если проектный процесс не позволит достигнуть существенного прогресса в этом направлении, то его внедрение будет заведомо бесперспективным.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта валцов дробилки.

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы [12], [16].

1 Современное состояние проведения ремонта валцов дробилок

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия

При помощи валковых дробилок выполняется измельчение материала прочностью до 150 МПа. Двухвалковые дробилки позволяют с высокой производительностью мельчить влажные и вязкие материалы, например, глины. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается технология ремонта валков дробилки СМ-12Б, которая представлена на рисунке 1. Компоновочная схема такой дробилки включает в себя два валка (обозначены на схеме позициями 1 и 2) и кожух (обозначен на схеме позицией 3). Валок включает в себя ступицу и бондаж (обозначены на схеме позициями 5 и 4). Неподвижные подшипники (обозначены на схеме позицией 9) служат для обеспечения вращения валка 1. Подвижные подшипники (обозначены на схеме позицией 8) служат для вращения валка 2. Корпуса подвижных подшипников подперты винтовыми пружинами (обозначены на схеме позицией 7). Для крепления элементов дробилки служит рама (обозначена на схеме позицией 6). Вращение вала дробилки обеспечивается приводом (обозначен на схеме позицией 10).

Поступление раздробляемого материала выполняется через отверстия в кожухе. Если вместе с раздробляемым материалом попадётся элемент повышенной прочности, который не может быть измельчён, происходит отведение подвижного валка 2, поступательное перемещение которого направлено против упругих сил пружинного элемента 7. После проскакивания неизмельчаемого элемента через валки, подвижный валок под действием упругих сил пружинного элемента возвращается в исходное положение.

Рабочим элементов валковой дробилки является чугунный валок, который представлен на рисунке 2.

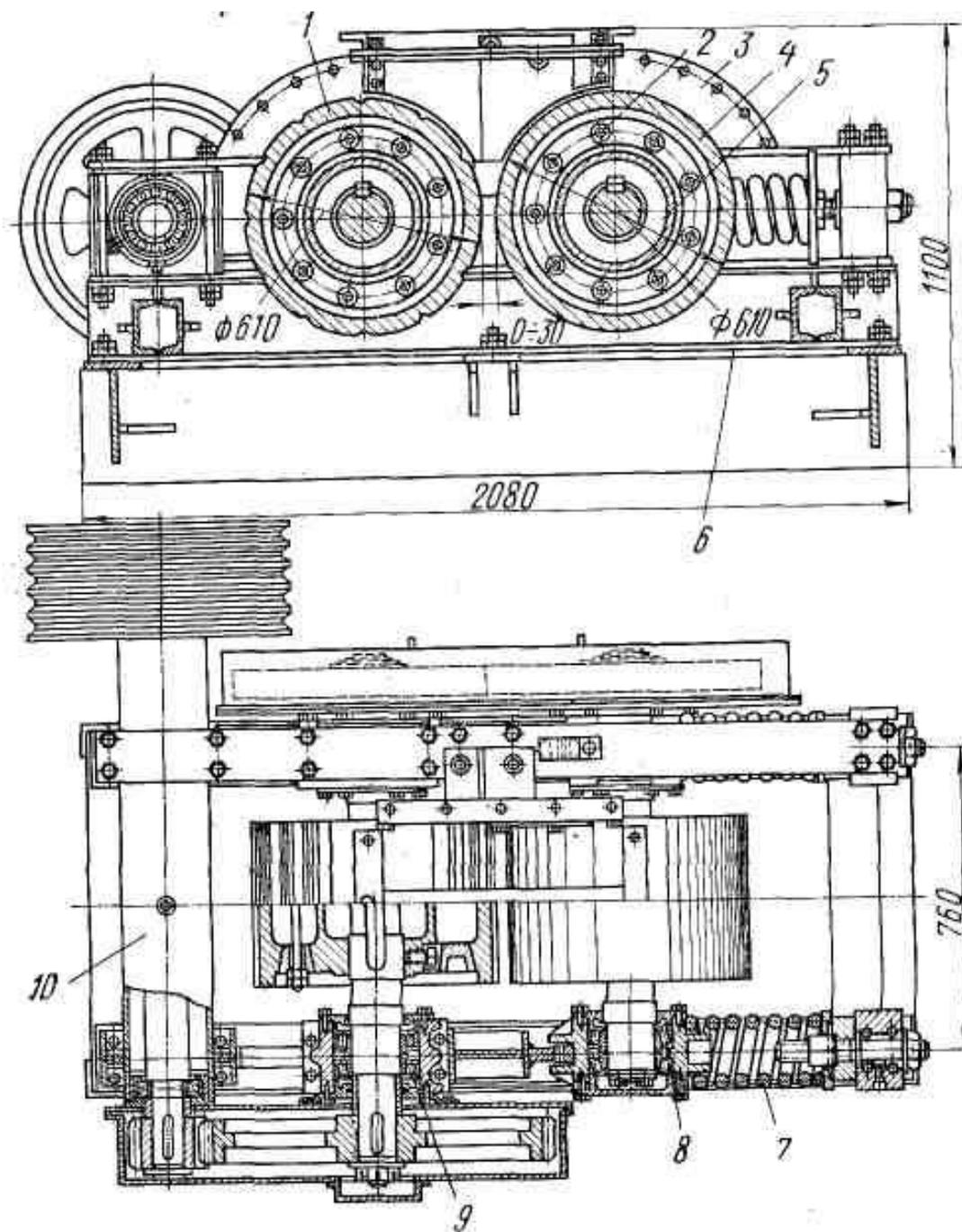


Рисунок 1 – Компонировочная схема двухвалковой дробилки МС-12Б

Представленный на рисунке 2 валок в сборе включает в себя вал (обозначен на рисунке позицией 1), чугунный валок (обозначен на рисунке позицией 3) и два распорных конических кольца (обозначены на рисунке позицией 2). Для крепления валка применены два крепежных узла (обозначены на рисунке позицией 4). Передача валку вращающего момента происходит через шкив (обозначен на схеме позицией 6), валок вращается в двух подшипниках (обозначены на схеме позицией 5).

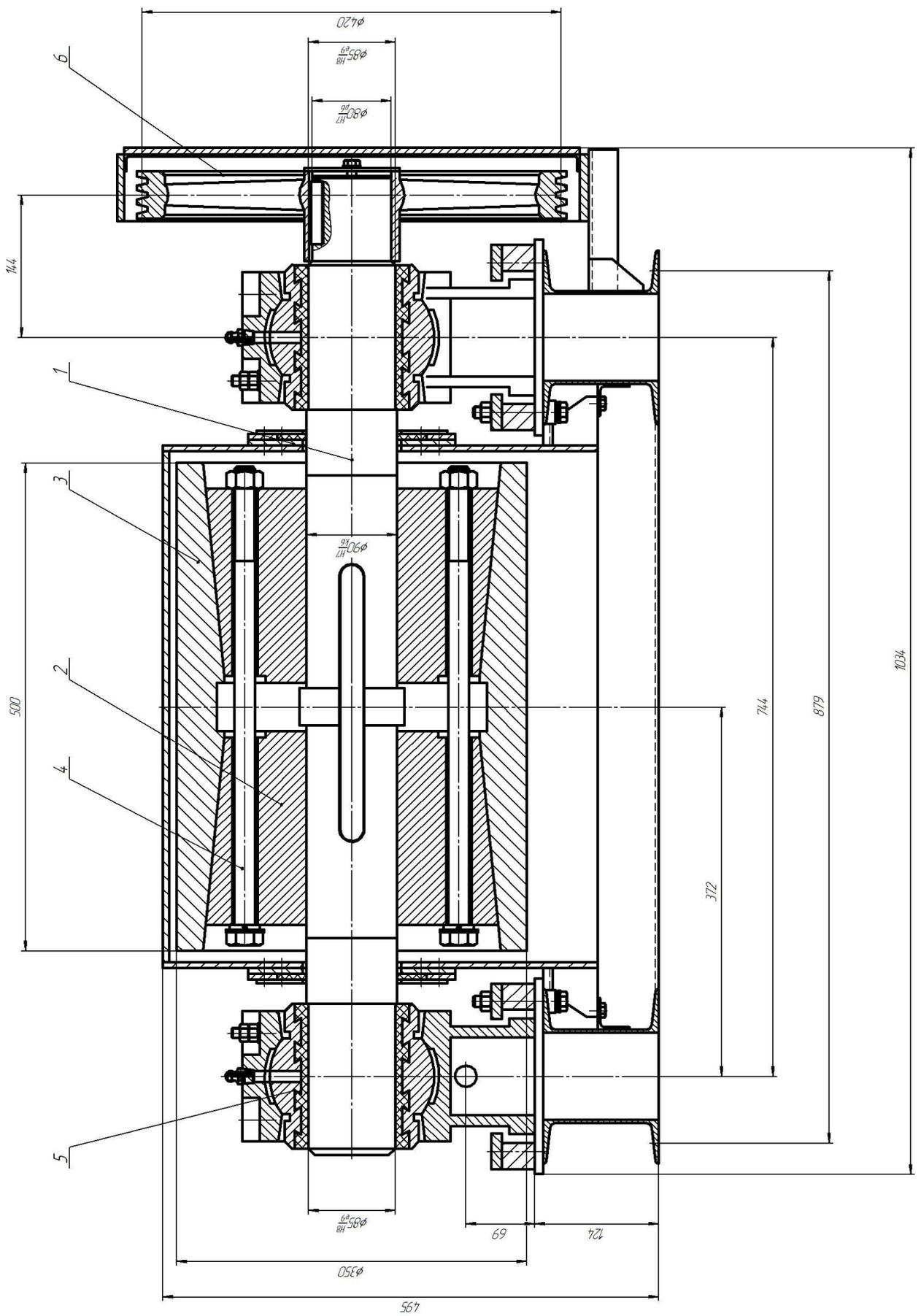


Рисунок 2 – Валок в сборе

Валок изготавливают из отливки чугуна ВЧ45. При выполнении литьевых операций проводят контроль качества заготовок. Проверяют геометрию отливок, химический состав и наличие недопустимых дефектов. Как показывает статистика по предприятию, порядка 20 % отливок из чугуна содержат дефекты. Из числа дефектных отливок четверть имеет неисправимые дефекты а 75 % дефектных отливок могут быть исправлены с применением различных методов ремонта.

На рисунке 3 представлена статистика по дефектам отливок на предприятии за один год.

Дефектами отливок из чугуна являются [9], [10], [18], [20]: газовые поры и раковины, которые показаны на рисунке 4-а; шлаковые включения, которые показаны на рисунке 4-б; усадочные раковины, которые показаны на рисунке 4-в; поры, которые показаны на рисунке 4-г и трещины, которые показаны на рисунке 4-д.

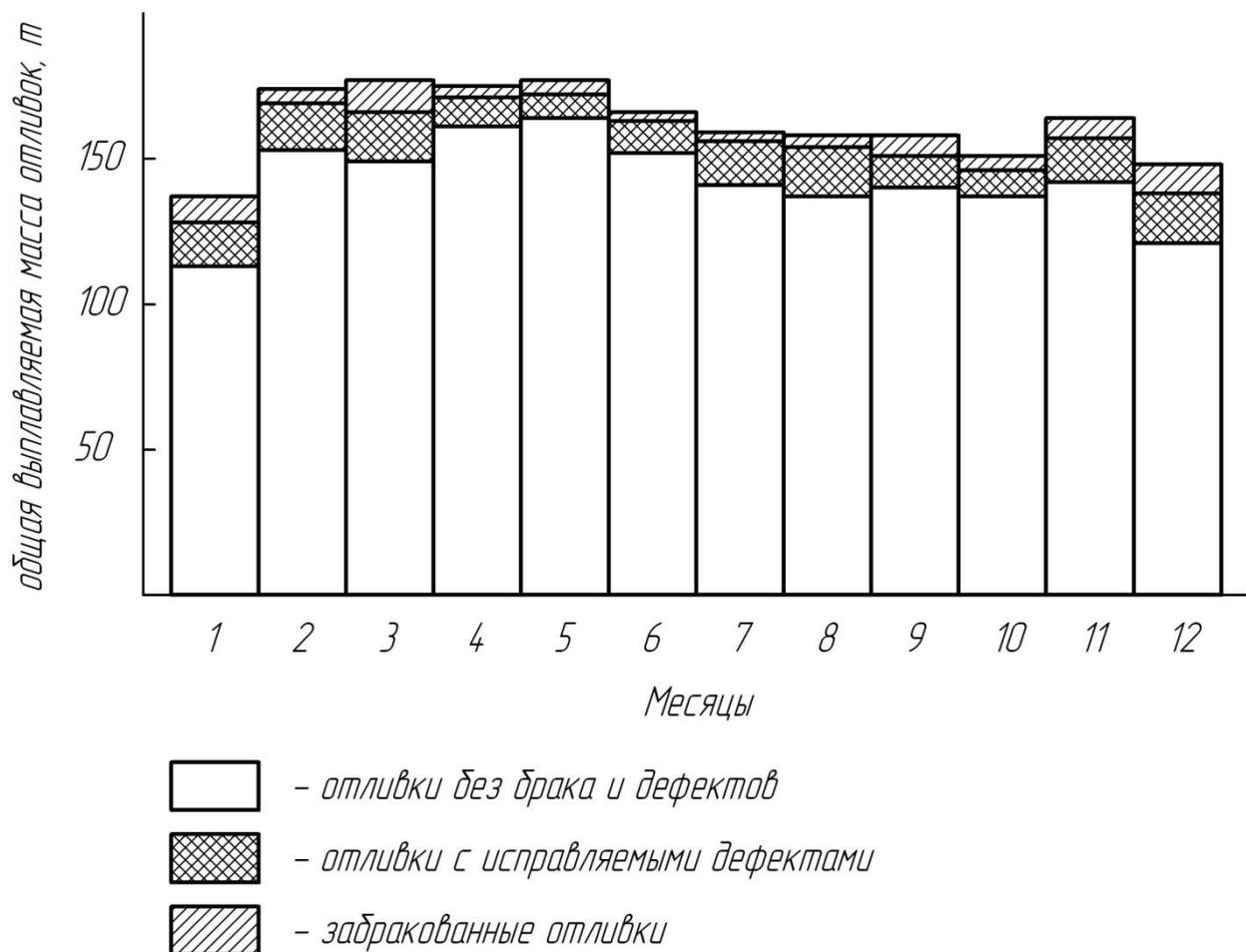


Рисунок 3 – Статистика по дефектам на предприятии за один год

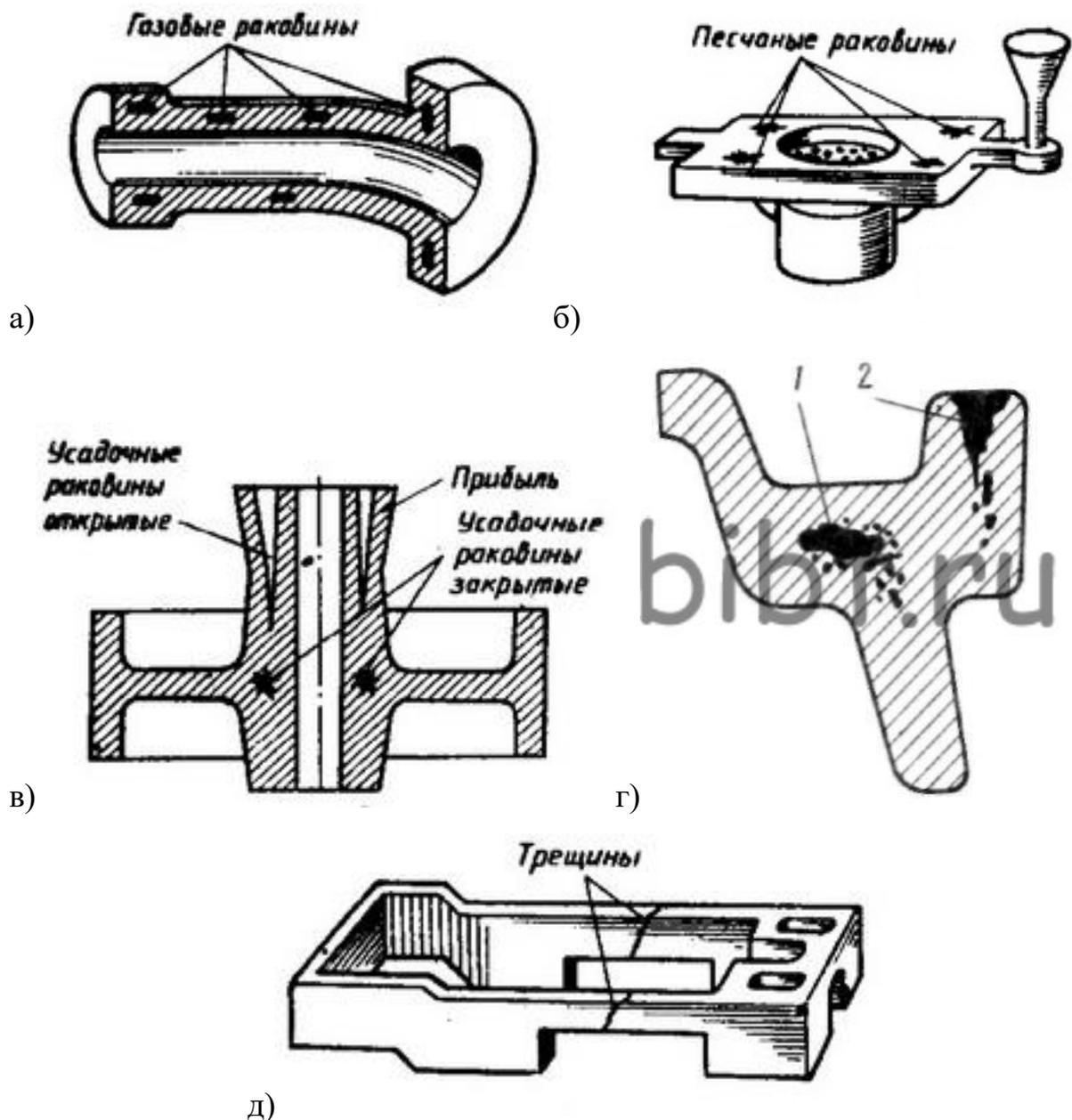


Рисунок 4 – Характерные дефекты отливок из чугуна: газовые раковины (а), шлаковые раковины (б), усадочные раковины (в) усадочная пористость (г), трещины (д)

Применительно к дефектам отливок из чугуна рассматривают разделение на две группы. Первая группа включает в себя дефекты, исправление которых невозможно или нецелесообразно по различным причинам. Обычно размеры этих дефектов значительны. Вторая группа включает в себя дефекты обычно малого размера, которые могут быть исправлены и устранение которых экономически целесообразно.

1.2 Сведения о материале детали и проблемы его свариваемости

Для изготовления вала применяется белый высокопрочный чугун ВЧ45, состав которого представлен в таблице 1. Обычно при изготовлении конструкций из чугуна сварка не применяется по причине значительного числа затруднений, связанных с химическим составом. Но сварочные технологии приходится применять для исправления дефектов в чугунных деталях, и тогда возникающие при сварке трудности приходится преодолевать [5], [6].

Таблица 1 – Содержание химических элементов в чугуне ВЧ45

C	Si	Mn	S	P	Cr
2,7...3,8	0,5...2,9	0,3...0,7	до 0,02	до 0,1	До 0,1

Первая трудность при сварке чугуна – это образование трещин, которые возникают по причине низких пластических свойств и высокого уровня остаточных напряжений. В основном, при ремонтной сварке чугунных деталей образование трещин происходит в зоне термического влияния.

Вторая трудность при сварке чугуна – выгорание кремния, в результате которого в чугуне образуются отбелённые зоны с высокой твёрдостью и низкой пластичностью. Отбелённые зоны образуются в зоне термического влияния, они становятся причиной образования трещин и затрудняют проведение механической обработки детали после сварки.

Третья трудность при сварке чугуна – резкий переход металла при нагреве из твёрдого состояния в жидкое и, наоборот, быстрая кристаллизация чугуна. В результате быстрого перехода в жидкотекучее состояние происходит выливание сварочной ванны, что затрудняет сварку в положениях, отличенных от нижнего. В результате быстрой кристаллизации расплавленного чугуна из него не успевают выделиться растворённые газы, что становится причиной пористости.

Четвёртая трудность при сварке чугуна – интенсивное выгорание углерода, что становится причиной снижения механических свойств.

Пятая трудность при сварке чугуна – образование значительной структурной и химической неоднородности, что становится дополнительной причиной получения значительного уровня остаточных напряжений.

Если чугунная деталь, которая подвергается ремонтной сварке, будет работать при температурах выше 300 °С, продолжительность её эксплуатации будет незначительной. Снижение продолжительности эксплуатации происходит по причине интенсивного окисления углерода и кремния в металле сварного шва, в результате чего произойдёт охрупчивание. Такой участок сварного шва называется «горелый».

Также следует принимать во внимание сложность ремонтной сварки чугунных деталей, которые работали в контакте с маслом и керосином. В результате глубокого проникновения масла и керосина в структуру чугуна сварка такой детали будет сопровождаться образованием большого числа пор.

1.3 Базовая технология исправления дефектов на валках

После выполнения отливки на чугунных заготовках выявляют дефекты – раковины, поры и трещины. Видимые дефекты обнаруживают при визуальном контроле и при люминесцентном контроле. Невидимые дефекты обнаруживают при проведении магнитной дефектоскопии.

Люминесцентный контроль выполняют следующим образом. На поверхность детали наносят раствор - люминофор, который светится в лучах ультрафиолета. На поверхности люминофор выдерживают в течение 5 минут на поверхности детали. В качестве люминофора применяют раствор автола в керосине (10 % автола + 90 % керосина). В течение выдержки люминофора на поверхности детали происходит его проникновение глубокое проникновение внутрь дефектов.

Далее с использованием бензина выполняют кратковременную промывку поверхности детали. Для этого применяют ветошь, смоченную бензином. Длительность такой промывки должна составлять порядка 10...15 секунд. После этого поверхность детали просушивают вентилятором и опыляют пудрой магнезии. Далее облучают поверхность кварцевой лампой. Под ультрафиолетовым излучением поверхность деталей без дефектов будет иметь тёмно-фиолетовую окраску. В дефектных местах пудра магнезии вытягивает люминофор наружу, такие места начинают светиться ярким красным или жёлтым светом.

Такой метод позволяет обнаруживать зарождающиеся трещины, длина которых составляет порядка 5 мкм. Также преимуществом метода является отсутствие ложного сигнала о наличии дефекта от шероховатостей на поверхности детали.

Магнитный контроль позволяет выявить дефекты, залегающие на глубину до 2 мм. При его выполнении проводят намагничивание отливки и её покрытие слоем магнитного порошка. На поверхности детали в зоне залегания дефекта линии магнитного поля искажаются, что проявляется в виде бугорков магнитного порошка.

После выявления дефекта проводят подготовку дефектного места. Поверхность детали очищают от загрязнений, уточняют границы залегания дефекта, далее разделяют дефект, удаляя поврежденный и пористый металл. При разделке следует очищать поверхность детали на расстояние до 25 мм от границы дефекта.

Для выборки металла применяется механическая обработка – металлорежущие станки, шлифовальная машина, зубило. В случае использования зубила следует снимать металл тонкими слоями, в противном случае велика опасность образования трещины или откола части детали.

Разделка должна быть выполнена с резким переходом к основному металлу. Резкий переход необходимо для того, чтобы максимально уменьшить зону термического влияния за счёт минимального объёма

расплавленного металла на поверхности детали. Это снижает опасность образования отбелённой прослойки на поверхности детали.

К ремонтной сварке чугунных деталей допускаются сварщики, имеющие квалификацию не ниже 4 разряда с опытом работы в данной сфере.

Применяемые электроды должны иметь сертификат о отметку ОТК о результатах входного контроля.

Ремонтную сварку следует проводить в закрытых помещениях, температура воздуха в которых составляет не ниже +15 °С. В помещении не должно быть открытых дверей и сквозняков.

Сварку ведут медно-никелевыми электродами на постоянном токе обратной полярности. При сварке электродами диаметром 3, 4 и 5 мм ток сварки принимают соответственно 90...110 А, 120...140 А и 160...190 А.

Заварку разделанного дефектного места выполняют только в нижнем положении валиками, длина которых составляет 20...30 мм, высота валиков составляет не менее 4 мм. После наложения каждого валика следует проводить его зачистку от шлака и брызг металла. Перед наложением очередного валика следует убедиться, что температура места сварки не превышает 60 °С.

Валики располагают параллельно друг другу, перекрытие валиков по ширине должно быть 30...50 %. При обрыве дуги следует вывести кратер на наплавленный металл. Кратер следует тщательно заправлять. Выведение кратера на основной металл запрещено.

В качестве электродов при сварке по базовой технологии применяются электроды МНЧ-2. В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Для контроля температуры в месте сварки применяется контактный термометр ТК-5.09.

При контроле качества проводят визуальный осмотр места ремонтной сварки. После механической обработки проводят люминесцентный контроль и магнитную дефектоскопию.

1.4 Анализ базовой технологии

Базовая технология ремонтной сварки выполняется с применением медно-никелевых электродов, которые нашли широкое применение при исправлении литейных дефектов в чугунных отливках. В числе преимуществ применения таких электродов следует отметить то, что никель и медь в составе электрода не растворяют углерод, в сварном шве не происходит образования нежелательных структур, практически отсутствует отбелённая зона. Никель в железе растворяется практически неограниченно, поэтому обеспечивается надежное сплавление.

Применение медно-никелевых электродов эффективно при ремонтной сварке чугунных деталей, которые не испытывают значительных силовых нагрузок. Твёрдость наплавленного слоя составляет 120...160 НВ, твёрдость переходной зоны составляет 280 НВ. Наплавленный металл способен успешно сопротивляться статическому растяжению величиной 4...5 кгс/мм². Поверхность сварного шва может обрабатываться режущим инструментом.

Наплавленный металл обладает высокой вязкостью и плотностью, но работа в условиях повышенных нагрузок, в том числе ударных и истирающих сопровождается ускоренным износом. Кроме того, наплавленный металл имеет склонность к образованию трещин и пор.

Положительным моментом применения базовой технологии является отсутствие необходимости проведения термической обработки детали и нагрева детали перед сваркой. В результате значительно упрощается сам технологический процесс, а условия труда сварщика улучшаются.

Однако недостатки базовой технологии являются критическими и заставляют вести поиск новых способов ремонтной сварки для построения проектной технологии. Такими недостатками являются: низкая производительность работ, недостаточная прочность наплавленного металла, образование пор и трещин в наплавленном металле.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения качества и производительности ремонтной сварки деталей из чугуна.

В введении поставлена цель – повышение производительности и качества ремонта валцов дробилки.

В ходе анализа исходных данных выполнен анализ условий работы типового изделия – валка дробилки и проведён анализ свойств материала, из которого валок изготавливается – чугун ВЧ45.

При анализе базовой технологии ремонтной сварки с применением электродов МНЧ-2 выявлены её недостатки: низкая производительность работ, недостаточная прочность наплавленного металла, образование пор и трещин в наплавленном металле.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной во введении цели.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки рассматриваемой в выпускной квалификационной работе детали. В ходе решения этой задачи предстоит рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности. При выборе способа сварки следует отдавать предпочтение способам, позволяющим обеспечить механизацию сварочных процессов.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа ремонтной сварки применительно к рассматриваемой в выпускной квалификационной работе детали. В ходе решения этой задачи предстоит выполнить литературный поиск результатов работ, выполненных отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками в области ремонтной сварки деталей из чугуна.

Третьей задачей является составление проектной технологии сварки. В ходе решения этой задачи предстоит дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции, назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование и сварочные материалы.

Четвёртой задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [4], [8].

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

Решению первой, второй и третьей задачу посвящен второй раздел настоящей выпускной квалификационной работы.

Решение четвёртой и пятой задач воспоследует в оценочном блоке настоящей выпускной квалификационной работе – третьем и четвёртом разделах.

2 Построение проектной технологии ремонтной сварки деталей из чугуна

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

В работе [15] выполнен анализ эффективности различных способов сварки применительно к холодной сварке деталей машин из серого чугуна. Рассмотрены такие способы сварки, как механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, плазменной сварки с применением никелевого и хромоникелевого порошков, горячая электродуговая сварка штучными электродами. Установлено, что рассматриваемые способы сварки позволяют получить высокое качество металла сварного шва, равнопрочность с основным металлом, хорошую обрабатываемость после сварки с применением механических методов обработки металлов резанием.

В числе достойных рассмотрения в настоящей выпускной квалификационной работе способов ремонтной сварки чугуна следует указать:

- «газовая сварка чугуна;
- газопорошковая наплавка;
- сварка неплавящимся электродом;
- сварка штучным электродом;
- механизированная сварка проволоками сплошного сечения;
- механизированная сварка порошковыми проволоками» [11].

Широкое распространение при исправлении дефектов на деталях из чугуна получила газовая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 5. Благодаря возможности ручного управления тепловым потоком в основной металлы присадочный пруток этот способ позволяет при должной квалификации сварщика добиться обеспечения требуемого термического

цикла. При этом в случае использования одновременно нескольких горелок становится возможной заварка крупных дефектов.

Для газовой сварки чугунных деталей с применением ацетилена могут быть использованы серийно выпускаемые горелки («Норд», «Факел»). Для сварки с применением газов-заменителей применяются горелки ГЗУ-3 и ГЗУ-5. Применение присадочных прутков из низколегированного чугуна, состав которых приведён в таблице 2, позволяет получать перлитную структуру наплавленного металла. Для защиты нагретого металла от окисления при газовой сварке чугуна необходимо применять флюсы, основным компонентом которых является бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, к которой добавляют натриевую селитру и углекислый калий.

Таблица 2 – Химический состав присадочных прутков для газовой сварки чугуна

Марка прутка	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Cu	Sn
I	3,3...3,5	3.4...3,7	0,5...0,7	<0,04	<0,15	<0,1	0,1	0,1	-	0,3
II	3,3...3,5	3.4...3,7	0,5...3,7	<0,04	<0,15	<0,1	0,6	0,1	2,0...2,5	-

Ремонтная газовая сварка чугунных деталей позволяет:

- обеспечить минимальный уровень остаточных напряжений в ремонтируемой детали и снизить её коробление;
- проводить последующую механическую обработку детали;
- исправлять дефекты на сложных и тонкостенных деталях;
- получить высокую универсальность способа, который может быть использован при ремонтной сварке различных деталей.

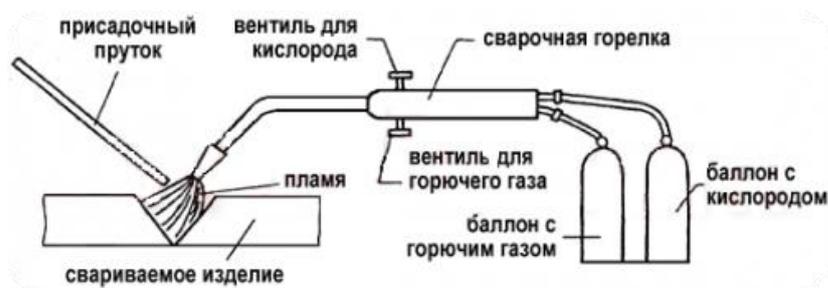


Рисунок 5 – Схема выполнения газовой сварки

Недостатками ремонтной газовой сварки применительно к деталям машин из чугуна являются:

- низкая производительность способа;
- необходимость предварительного подогрева детали, что усложняет процесс ремонтной сварки существенно ухудшает условия труда;
- сложность проведения ремонтной сварки при исправлении дефектов больших размеров;
- длительное тепловое воздействие на деталь.

При газопорошковой наплавке в качестве присадочного материала выступает порошок, состав которых приведён в таблице 3. Схема выполнения газопорошковой наплавки приведена на рисунке 6. В процессе выполнения наплавки предварительно с использованием газового пламени подогревают поверхность детали до температуры 300.. 400 °С. Далее на нагретую поверхность напыляют слой порошка, который оплавливают. После этого напыляют и оплавливают новый слой порошка. Таким образом существует возможность наплавки слоя до 3 мм.

Газопорошковая наплавка при исправлении дефектов на деталях машин из чугуна позволяет:

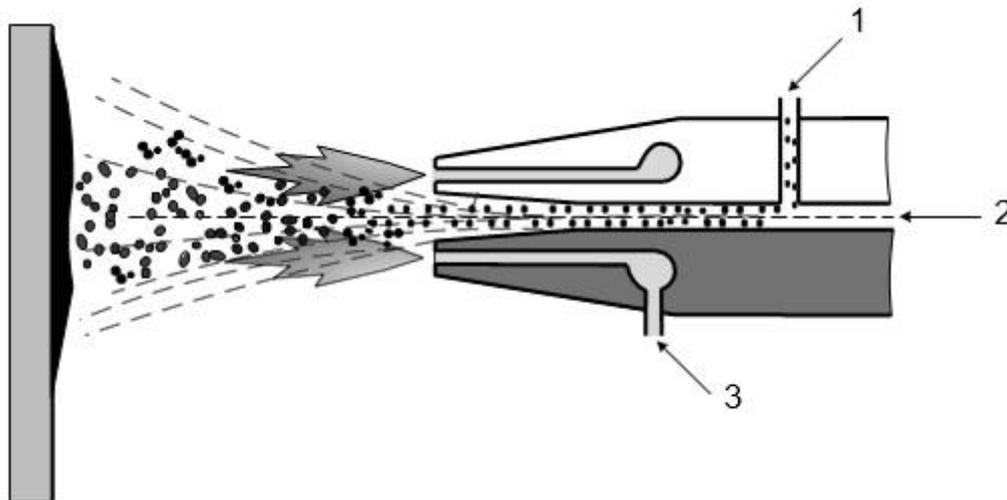
- избежать образования остаточных напряжений и коробления детали;
- избежать структурных изменений в основном металле;
- поддерживать заданный размер детали и получать слои с минимальным припуском на механическую обработку;
- проводить процесс ремонта детали в любом пространственном положении.

Недостатками газопорошковой наплавки является:

- сложность исправления дефектов больших размеров;
- малая производительность способа.

Таблица 3 – Состав присадочного порошка газопорошковой наплавки деталей машин из чугуна

Марка сплава	Cu	B	Si
ПНЧ-1	5,0...7,0	1,0...1,8	0,7...0,95
ПНЧ-2	5,0...7,0	1,7...2,3	1,0...2,5



1 – порошок, 2 – сжатый воздух; 3 – горячая смесь

Рисунок 6 – Схема газопламенной наплавки

Высокое качество наплавленного металла при ремонт деталей машин из чугуна можно получить при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, схема выполнения которой приведена на рисунке 7.

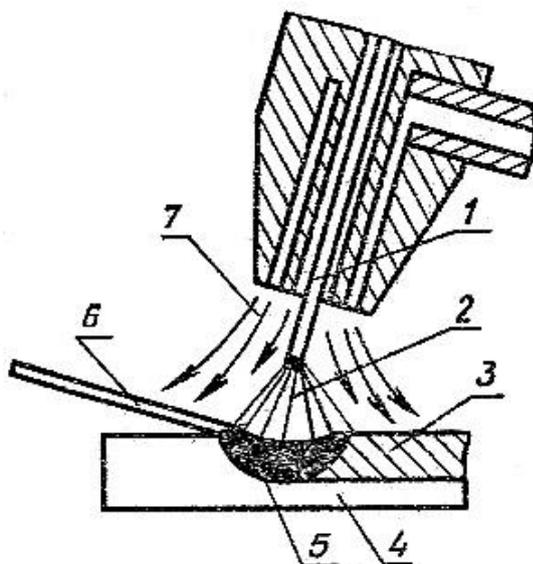


Рисунок 7 – Схема аргонодуговой наплавки

В качестве электрода применяется пруток вольфрама (показан на схеме позицией 1), присадочная проволока (показана на схеме позицией 6), вводится в зону электрической дуги (показана на схеме позицией 2). Защиту зоны сварки обеспечивает струя аргона (показана на схеме позицией 7). На поверхности детали (показана на схеме позицией 4) образуется сварочная ванна (показана на схеме позицией 5) и слой наплавленного металла (показан на схеме позицией 3).

Аргонодуговая наплавка при исправлении дефектов на деталях машин из чугуна позволяет обеспечить:

- хороший внешний вид наплавленного металла;
- малый припуск на механическую обработку;
- высокое качество наплавленного металла;
- улучшение условий труда сварщика;
- возможность ремонта деталей из перспективных чугунов, которые не могут быть сварены другими способами.

Недостатками аргонодуговой сварки являются:

- сложность регулирования химического состава наплавленного металла;
- низкая производительность процесса;
- высокие требования к квалификации сварщика.

При сварке деталей из чугуна широко применяется ручная дуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 8.

При ручной дуговой сварке чугуна возможно применение техники «горячей сварки» и «холодной сварки».

В первом случае выполняется предварительный подогрев детали до температуры 600...650 °С. Во втором случае предварительного подогрева детали перед сваркой не выполняют.

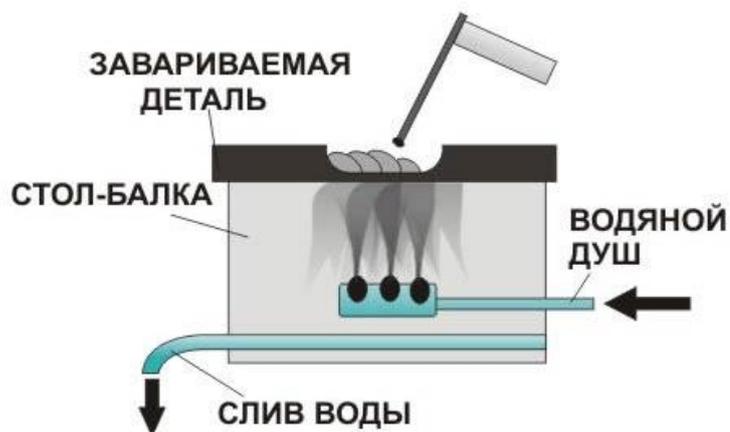


Рисунок 8 – Схема ремонтной сварки чугуна штучными электродами

«Горячая сварка» позволяет существенно уменьшить скорость охлаждения металла сварного шва, так как он охлаждается вместе с самой деталью. В результате проходят процессы графитизации и снижается уровень остаточных напряжений, что позволяет эффективно бороться с образованием трещин.

Применение «горячей сварки» позволяет получить более высокое качество ремонта, чем при «холодной сварке», но при этом происходит существенное усложнение технологического процесса, а необходимость проведения манипуляций с горячей деталью ухудшает условия труда.

«Холодную сварку» проводят с применением электродов ПАНЧ-11, МНЧ-1, МНЧ-2, ОЗЧ-4. При использовании сварочных электродов МНЧ-1 и МНЧ-2 удаётся получить наплавленный металл со способностью к механической обработке, но прочность наплавленного металла ниже, чем при использовании электродов ОЗЧ-4.

При сварке деталей из белого чугуна следует минимизировать вложение тепла в основной металл. Для этого сварку ведут короткими валиками длиной 25...60 мм. Каждый валик следует охлаждать до температуры 60 °С.

При ремонтной сварке деталей машин из чугуна применение ручной дуговой сварки позволяет:

- получить сварной шов с возможностью дальнейшей механической обработки наплавленного металла;
- получить малые размеры зоны отбелённого чугуна при правильном назначении параметров режима и соблюдении техники сварки.

Недостатками ручной дуговой сварки деталей из чугуна являются:

- малая прочность сварного соединения при использовании электродов МНЧ-1 и МНЧ-2;
- неоднородность соединения по структуре и химическому составу;
- высокая трудоёмкость процесса и малая производительность;
- высокие требования к квалификации сварщика;
- сложность исправления дефектов большого размера.

Высокое качество и широкие технологические возможности ремонтной сварки деталей машин из чугуна обеспечиваются при применении сварки порошковыми проволоками [16]. Схема выполнения сварки порошковыми проволоками приведена на рисунке 9.

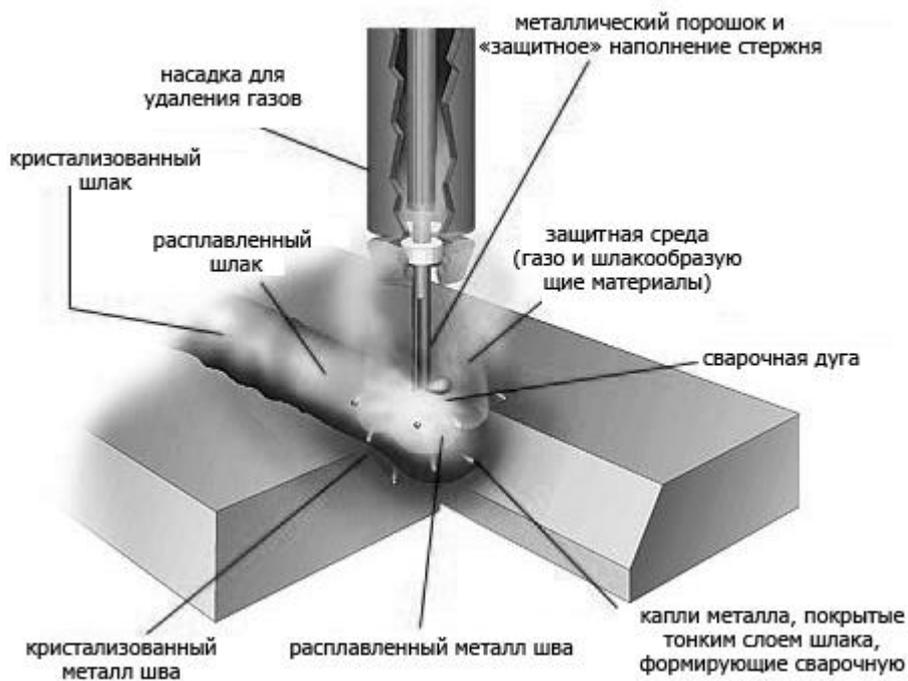


Рисунок 9 – Схема выполнения сварки самозащитной порошковой проволокой

При ремонтной сварке деталей машин из чугунов с применением механизированной сварки порошковой проволокой удаётся получить:

- сварной шов с возможностью последующей механической обработки;
- высокую прочность металла сварного шва за счёт возможности подбора легирующих элементов;
- отсутствие в сварном шве трещин и хороший внешний вид сварного шва;
- высокая растекаемость наплавляемого металла обеспечивает малый припуск на механическую обработку.

Недостатками механизированной сварки порошковой проволокой являются:

- недостаточная производительность, которая может быть увеличена за счёт применения сварки несколькими проволоками;
- длительное тепловое воздействие на деталь;
- сложность заварки дефектов больших размеров.

Следует отметить, что применение сварки порошковой проволокой для ремонтной сварки деталей машин из чугуна обладает самыми высокими резервами для повышения эффективности. Порошковая проволока является самым гибким инструментом, позволяющим выполнять эффективную защиту сварного шва и легирование наплавленного металла.

В ходе литературного обзора способов ремонтной сварки деталей из чугуна самый широкий пласт информации принадлежит именно сварке порошковыми проволоками.

На основании вышеизложенного для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку порошковой проволокой. Для этого необходимо предложить оптимальный состав проволоки. Также следует предложить оборудование, позволяющее повысить производительность сварки порошковой проволокой.

2.2 Выбор сварочной проволоки для исправления дефектов деталей машин из чугуна

Для нужд промышленности были разработаны проволоки ПП-АНЧ-1, ПП-АНЧ-2 и ПП-АНЧ-3.

Проволока ПП-АНЧ-1 позволяет выполнять ремонтную сварку без подогрева при исправлении дефектов незначительного размера, к которым относят поры, недолив, раковины.

Проволока ПП-АНЧ-2 позволяет исправлять дефекты на деталях большой толщины с предварительным подогревом до температуры 300...350 °С. Можно вести сварки и без предварительного подогрева, если при этом обеспечивается нагрев детали и существует возможность свободной усадки после сварки.

Проволока ПП-АНЧ-3 позволяет получать высокую прочность сварного шва, но требует применения предварительного подогрева до температуры 400...600 °С.

При выполнении ремонтной сварки порошковой проволокой диаметром 3 мм сварку ведут на постоянном токе прямой полярности, а величина сварочного тока может устанавливаться в широком диапазоне 250...600 А в зависимости от особенностей ремонтной сварки.

Сварку ведут открытой дугой, но в отдельных случаях для обеспечения газовой защиты может понадобиться обдув места сварки углекислым газом.

В связи с растущими требованиями к качеству ремонтной сварки деталей из чугуна, а также применением новых чугунов требуется разработка новых составов самозащитных проволок. Для построения проектной технологии предложим разработку отечественных исследователей [19]. В проволоке содержится: графит 5,2...11,0 %; ферромolibден 2,6...4,0 %; ферросиликкальций 1,7...7,0 %; ферротитан 0,3...0,78 %; ферромарганец 0,2...0,45 %; никель+хром+бор+кремний 0,05...0,1 %; плавиковый шпат 1,8...2,5 %; железный порошок 0,17...14,75 %; остальное – оболочка.

Плави́ковый шпат, внесённый в сварочную проволоку в количестве 1,8...2,5 %, позволяет повысить качество сварного шва за счёт перевода водорода в нерастворимое состояние и улучшения условий перехода легирующих элементов из проволоки в металл сварного шва.

Ферросиликокальций, который введён в проволоку в количестве 1,7...7,0 %, также помогает связывать свободный водород, находящийся в сварочной ванне.

Сварочная проволока с таким составом позволяет выполнять сварку чугуна с применением пониженной температуры предварительного подогрева.

Ферромолибден, который введён в проволоку в количестве 2,6...4,0 %, позволяет повысить пластичность металла сварного шва. При содержании ферромолибдена ниже 2,6 % повышается вероятность образования трещин в сварном соединении. Превышение содержания ферромолибдена более 4,0 % приводит к образованию в сварном шве нежелательных структур, которые могут снизить пластические свойства металла шва и привести к образованию трещин.

Введение в сварочную проволоку сплава никель+хром+бор+кремний позволяет исключить образование в металле сварного шва окисных включений. Также никель и кремний нейтрализуют отрицательно влияние бора. Хром способствует получению перлитной структуры металла шва.

Проволока позволяет повысить производительность и качество сварки чугунных отливок и снизить температуру предварительного подогрева.

2.3 Повышение производительности ремонтной сварки деталей из чугуна порошковой проволокой

Практика использования порошковой проволоки на предприятиях машиностроения показывает, что даже при самых производительных параметрах режима удается получить производительность наплавки не более

4...8 кг в час [19]. Применение сварки с подогревом позволяет повысить до 15...20 кг в час. Применение армированной порошковой проволоки ППЧ-3М позволяет за счёт формирования режимов повысить производительность до 15...17 кг в час.

Для повышения производительности ремонтной сварки при исправлении дефектов значительных размеров предлагается вести сварку с одновременной подачей в сварочную ванну трёх проволок диаметром 3 мм. Сварку ведут с применением специального аппарата А-1072С, который представлен на рисунке 10-а. Дальнейшее продолжение развития многопроволочных аппаратов представлено на рисунке 10-б.

Аппарат А-1072С рассчитан на суммарный ток до 2000 А и имеет три подающих механизма, которые обеспечивают поступление трёх проволок в одну сварочную горелку. Расчётная производительность составляет 60 кг в час, но на практике из-за затруднений в согласовании работы трёх подающих механизмов производительность составляет 35...40 кг в час.

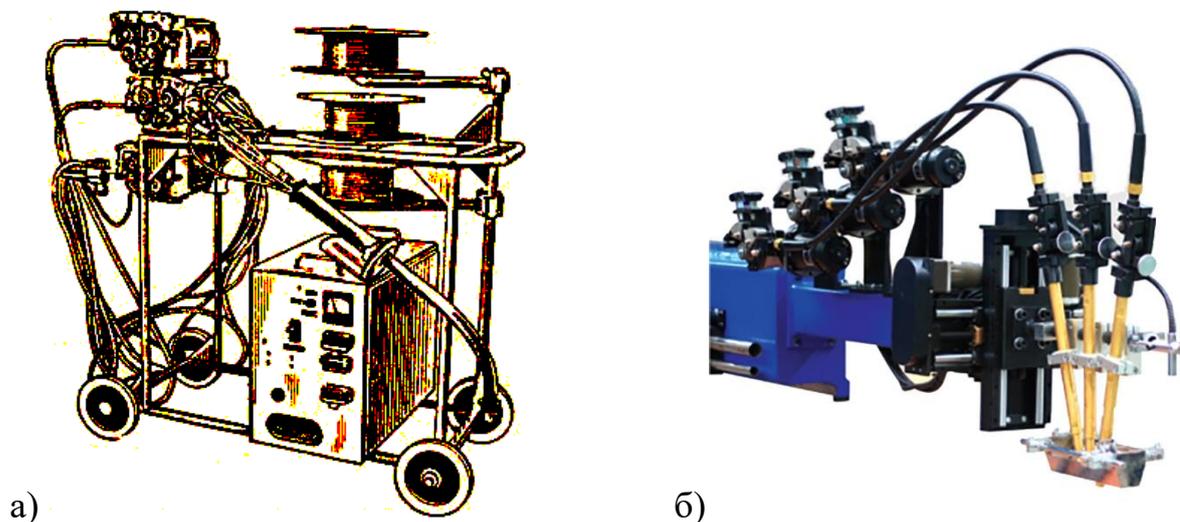


Рисунок 10 – Полуавтомат для одновременной сварки тремя проволоками

Производительность ремонтной сварки деталей из чугуна может быть повышена за счёт увеличения диаметра сварочной проволоки до 4,5...6 мм. Для этого необходимо применять специальные подающие устройства,

например, полуавтомат А-1072М. Производительность по наплавленному металлу в этом случае достигает 25...30 кг в час.

Для повышения производительности сварки порошковой проволокой предлагается использовать разработку отечественных учёных [2]. На рисунке 11 представлена функциональная схема способа.

Вдоль оболочки 1 порошковой проволоки 2 на участке распределённого токоподвода L_T расположены локальные участки 3...8, которые изолированы друг от друга при помощи изоляторов 9. Источник питания 11 подключают к сварочной проволоке 2 и детали 10. Программирование тока, подводимого к каждому локальному токоподводу, обеспечивается реостатами $R_1...R_6$ таким образом, чтобы сила подводимого тока на каждом последующем участке была меньше, чем на предыдущем: $I_1 > I_2 > I_3 > I_4 > I_5 > I_6$. Закон изменения тока может быть линейным (линия 12), экспоненциальным (линия 13) или параболическим (линия 14).

Способ предусматривает оптимизацию подвода тока к сварочной проволоке. Для этого длину участка токоподвода разбивают на n равных участков. К каждому участку подводят ток, при этом подводимый ток распределяется по убывающему закону в направлении движения проволоки. Таким образом, на первом участке сила тока максимальная, а на последнем участке минимальная.

Общая длина распределённого токоподвода L_T , определяется в зависимости от плотности сварочного тока j : $1,2 j \leq L_T \leq 2j$.

Благодаря тому, что подвод сварочного тока к проволоке распределён по длине проволоки, происходит уменьшение локального перегрева проволоки, которая равномерно прогревается перед сваркой. Скорость нагрева оболочки проволоки перед сваркой значительно уменьшается, что снижает её перегрев и обеспечивает прогрев шихты.

Также выравнивается температура по периметру проволоки, что позволяет получить пространственную стабильность положения дуги при сварке.

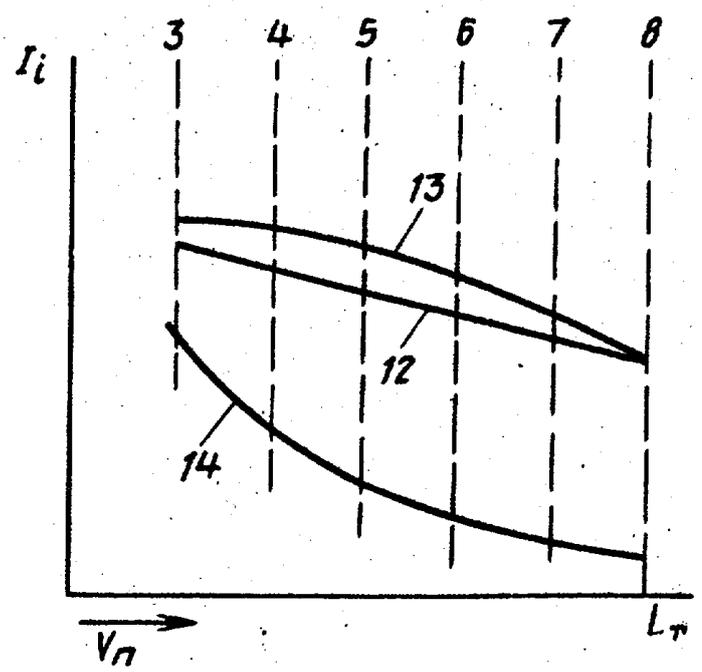
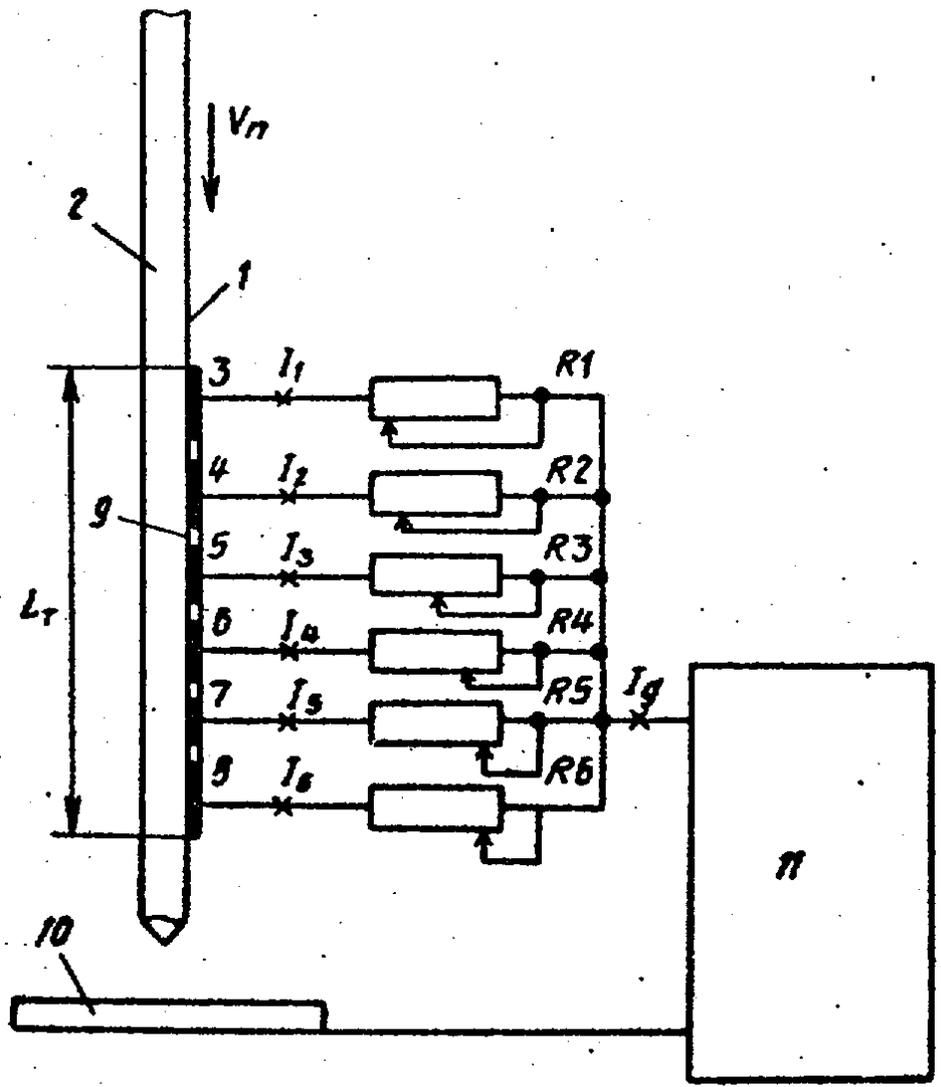


Рисунок 13 – Функциональная схема предлагаемого способа сварки порошковой проволокой

Так как нагрев оболочки проволоки по мере движения от верхнего токоподвода к нижнему увеличивается, то сопротивление оболочки также повышается. Распределение тока вдоль проволоки по убывающему закону позволяет устранить перегрев оболочки проволоки

2.4. Операции проектного технологического процесса

После выполнения отливки на чугунных заготовках выявляют дефекты – раковины, поры и трещины. Видимые дефекты обнаруживают при визуальном контроле и при люминесцентном контроле. Невидимые дефекты обнаруживают при проведении магнитной дефектоскопии.

После выявления дефекта проводят подготовку дефектного места. Поверхность детали очищают от загрязнений, уточняют границы залегания дефекта, далее разделяют дефект, удаляя поврежденный и пористый металл. При разделке следует очищать поверхность детали на расстояние до 25 мм от границы дефекта.

Для выборки металла применяется механическая обработка – металлорежущие станки, шлифовальная машина, зубило. В случае использования зубила следует снимать металл тонкими слоями, в противном случае велика опасность образования трещины или откола части детали.

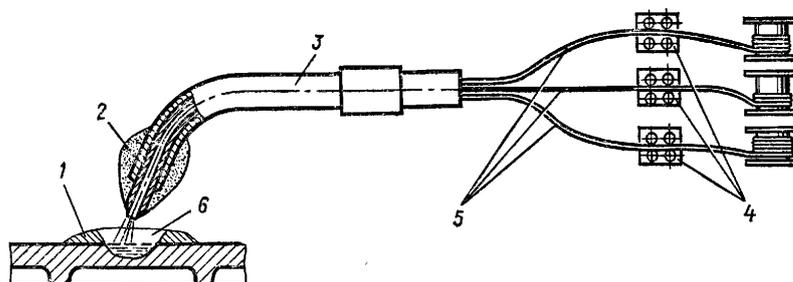
Разделка должна быть выполнена с резким переходом к основному металлу. Резкий переход необходимо для того, чтобы максимально уменьшить зону термического влияния за счёт минимального объёма расплавленного металла на поверхности детали. Это снижает опасность образования отбелённой прослойки на поверхности детали.

К ремонтной сварке чугунных деталей допускаются сварщики, имеющие квалификацию не ниже 4 разряда с опытом работы в данной сфере. Предварительный подогрев отливки перед сваркой проводят до температуры 250...300 °С. Сварку ведут на параметрах режима, которые указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры режима ремонтной сварки

Диаметр порошковой проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на сварочной дуге, В	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Коэффициент использования порошковой проволоки, %
3,0	300-450	32-36	100-200	85-90

При сварке необходимо обеспечивать минимальную глубину проплавления основного металла. Сварку производить одновременно тремя проволоками, как показано на рисунке 14. Заварку дефекта производить ванным способом.



1 – огнеупорная форма; 2 – защитное покрытие горелки; 3 – горелка;
4 – подающие механизмы; 5 – порошковые проволоки; 6 – сварочная ванна

Рисунок 14 – Схема полуавтоматической дуговой сварки одновременно тремя проволоками

После сварки охлаждение отливки производят в цехе, накрыв его асбестовой тканью.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [11] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [4], [8].

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

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, связанные с повышением эффективности ремонтной сварки массивных деталей из чугуна. В качестве конкретного примера в настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрена технология исправления дефектов на вальцах дробилки. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку порошковой проволокой.

Особенности проектного технологического процесса представлены в таблице 5. Укрупнённо процесс исправления дефектов на рассматриваемой детали можно представить в виде пяти этапов. На первом этапе выполняется подготовка под ремонтную сварку, для чего применяется пневматический молоток и зачистная машинка. На втором этапе выполняется предварительный подогрев, для чего применяется печь и кран-балка. На третьем этапе выполняется ремонтная сварка, для чего применяется сварочный полуавтомат, источник питания импульсной дуги и сварочная горелка. На четвёртом этапе выполняется зачистка, для чего применяется зачистная машина. На пятом этапе выполняется контроль качества, для чего применяется набор визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Таблица 5 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
«подготовка под ремонтную сварку	слесарь-сборщик, дефектоскопист	пневматический молоток MLH-KFZ, УШМ Makita 9069, линейка
предварительный подогрев	слесарь-сборщик, термист	печь с выкатным поддоном СДО 15.15.10/12, клещи, кран-балка
ремонтная сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	полуавтомат А-1072С, источник питания импульсной дуги, диаметром 3 мм, горелка сварочная,
зачистка	слесарь-сборщик	щетка металлическая, УШМ Makita 9069
контроль качества» [10]	дефектоскопист	дефектоскоп, лупа, шаблон сварщика

Представленные в таблице 5 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски, источником которых являются опасные и вредные факторы. В таблице 6 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
подготовка под ремонтную сварку	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;
ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной
зачистка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
контроль качества	- ультразвуковое излучение

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 6 данных. Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

На основании выполненного анализа проектного технологического процесса сформулированы семь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение

При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

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

В таблице 7 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, резиновые коврики.

Таблица 7 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

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

Представленные в таблице 7 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных

производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	Сварочное оборудование, оборудование для механической обработки, контрольная аппаратура
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 8 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения. Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми

при тушении химическими веществами. В таблице 9 приведены технические средства по устранению опасных факторов пожара.

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности

производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

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

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

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки массивных деталей из чугуна. В качестве конкретного примера в настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрена технология исправления дефектов на вальцах дробилки. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку порошковой проволокой.

Укрупнённо процесс исправления дефектов на рассматриваемой детали можно представить в виде пяти этапов. На первом этапе выполняется подготовка под ремонтную сварку, для чего применяется пневматический молоток и зачистная машинка. На втором этапе выполняется предварительный подогрев, для чего применяется печь и кран-балка. На третьем этапе выполняется ремонтная сварка, для чего применяется сварочный полуавтомат, источник питания импульсной дуги и сварочная горелка. На четвёртом этапе выполняется зачистка, для чего применяется зачистная машина. На пятом этапе выполняется контроль качества, для чего применяется набор визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности. В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономическо го показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	100	100
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	100 тыс.	2200 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	40	40
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108$ часов.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 1,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,5$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,5$ часа.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 4108/1,5 = 2800$ ремонтных сварок для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 4108/0,5 = 8500$ ремонтных сварок для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 1000$ ремонтных сварок в год.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 1,5 \cdot 1000 / (4108 \cdot 1,03) = 0,3$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 0,5 \cdot 1000 / (4108 \cdot 1,03) = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

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

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,3/1 = 0,3$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,1/1 = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

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

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = 554 \text{ р/кг} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 175$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы: $M = 220 \text{ р/кг} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 55$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 1,5 \cdot 100 \cdot 1,88 = 260$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,5 \cdot 100 \cdot 1,88 = 86$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 260 \cdot 12 / 100 = 31$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 86 \cdot 12 / 100 = 10$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 260 + 31 = 291$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 86 + 10 = 96$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 291 \cdot 34 / 100 = 87$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 96 \cdot 34 / 100 = 29$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_3. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $C_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = (100000 \cdot 21,5 \cdot 1,5)/(4108 \cdot 100) = 8$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = (2200000 \cdot 21,5 \cdot 0,5)/(4108 \cdot 100) = 55$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 10 \cdot 1,5 \cdot 3,02 / 0,7 = 62$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 20 \cdot 0,5 \cdot 3,02 / 0,7 = 42$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 8 + 62 = 70$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 55 + 42 = 97$ рублей по проектному технологическому процессу.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 175 + 291 + 87 + 70 = 623$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 55 + 96 + 29 + 97 = 277$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 623 + 1,5 \cdot 260 = 623 + 390 = 1013$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 277 + 1,5 \cdot 86 = 277 + 129 = 406$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 1013 + 1,15 \cdot 260 = 1013 + 299 = 1312$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 406 + 1,15 \cdot 86 = 406 + 99 = 505$ рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	175	55
2. Фонд заработной платы	ФЗП	291	96
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	87	29
4. Затраты на оборудование	Зоб	70	97
5. Технологическая себестоимость	Стех	623	277
6. Цеховые расходы	Рцех	390	129
7. Цеховая себестоимость	Сцех	1013	406
8. Заводские расходы	Рзав	299	99
9. Заводская себестоимость» [13]	Сзав	1312	505

Данные, представленные в таблице 12, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 54500$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 54500 \cdot 0,34 = 18530$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

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

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{з. пр.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 2200000 \cdot 1,05 \cdot 0,11 = 254100$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 1 \cdot 100000 \cdot 0,05 = 5000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 2200000 \cdot 0,05 = 110000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{соп} = 5000 + 110000 = 115000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{общ. пр.} = 254100 + 115000 = 369100$ рублей.

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

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб}: \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 369100 - 18530 = 350570$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_{Γ} :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\Gamma} . \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 18530/1000 = 18$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 369100/1000 = 369$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (1,5 - 0,5) \cdot 100 \% / 1,5 = 66 \%$.

Повышение производительности Π_{Γ} рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot 66 / (100 - 66) = 194 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (623 - 277) \cdot 100\% / 623 = 55 \%$.

Размер условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (1312 - 505) \cdot 1000 = 807000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 350570 / 807000 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта Δ_r рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_r = 807000 - 0,33 \cdot 350570 = 697912$ рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Производительность труда повышается на 194 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 55 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности ремонтной сварки массивных деталей из чугуна.

В качестве конкретного примера в настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрена технология исправления дефектов на вальцах дробилки.

В ходе анализа исходных данных выполнен анализ условий работы типового изделия – валка дробилки и проведён анализ свойств материала, из которого валок изготавливается – чугун ВЧ45. При анализе базовой технологии ремонтной сварки с применением электродов МНЧ-2 выявлены её недостатки: низкая производительность работ, недостаточная прочность наплавленного металла, образование пор и трещин в наплавленном металле.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку порошковой проволокой.

Укрупнённо процесс исправления дефектов на рассматриваемой детали можно представить в виде пяти этапов. На первом этапе выполняется подготовка под ремонтную сварку, для чего применяется пневматический молоток и зачистная машинка. На втором этапе выполняется предварительный подогрев, для чего применяется печь и кран-балка. На третьем этапе выполняется ремонтная сварка, для чего применяется сварочный полуавтомат, источник питания импульсной дуги и сварочная горелка. На четвёртом этапе выполняется зачистка, для чего применяется зачистная машина. На пятом этапе выполняется контроль качества, для чего применяется набор визуально-измерительного контроля и дефектоскоп.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной

квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Производительность труда повышается на 194 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 55 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,7 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов ремонтной сварки чугунных деталей на механизированные способы с применением порошковой проволоки. Поэтому предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия могут быть перенесены на аналогичные случаи ремонтной сварки в других производствах.

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

Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. 1074688 СССР, МКИ В23К35/36. Состав порошковой проволоки для сварки чугуна / Сытник Н. М., Шабаль В. П., Гарцунов Ю. Ф. Заявл. 24.09.82. Оpubл. 23.02.84. Бюл. № 7. 5 с.
2. А. с. 1131617 СССР, МКИ В23К9/14. Способ дуговой сварки порошковой проволокой / Куплевацкий Л. М., Карпенко В. М., Шоно С. А. Заявл. 27.10.83. Оpubл. 30.12.84. Бюл. № 48, 4 с.
3. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
5. Богачев, И. Н. Металлография чугуна. Свердловск : Metallurgizdat, 1962. 392 с.
6. Бунин К. П., Малиночка Я. Н., Таран Ю. Н. Основы металлографии чугуна. М. : Metallургия, 1969. 416 с.
7. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Грабин В. Ф., Грецкий Ю. А., Крошщина Г. М. Металлография сварных соединений чугуна. Киев: Наук. думка, 1987. 192 с.
10. Грецкий Ю.Я. Основные аспекты свариваемости конструкционных чугунов // Автоматическая сварка. 2006. № 9. С. 12–21.

11. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
12. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Леонтьев Л. Б., Доценников Е.Д. Погодаев А.В. Технологические возможности перспективных методов сварки деталей из серого чугуна // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2017. № 1. С. 3–14.
16. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
17. Метлицкий В.А. Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна // Сварочное производство. 2007. № 11. С. 19–21.
18. Метлицкий В.А. Технологические основы сварки чугуна в производстве литосварных конструкций : диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. Киев : Институт электросварки им. Е.О. Патона, 2001.
19. Рыбкин В. А., Иванов В. А.. Исследование влияния конструктивных особенностей и химического состава наполнителя порошковых проволок на режимы электродуговой сварки // Экспозиция Нефть-Газ. 2013. № 7. С. 55–59.
20. American Welding Society: welding of cast iron. A selection of papers. Miami, Florida : AWS, 1985. 358 p.