

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Технология и оборудование исправления дефектов крупногабаритного чугунного литья**

Студент

Д.В. Дурнев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Ю. Краснопевцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Зубкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.Н. Брега

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Чугуны относят к числу трудносвариваемых конструкционных материалов из-за высокой склонности сварных соединений к образованию различных дефектов, трудности получения плотных, равнопрочных основному металлу, а также, как легкообрабатываемых сварных соединений. Вместе с тем необходимость применения сварки чугунных отливок и деталей машин, постоянное повышение качества металла и соответственно ужесточение требований к сварным соединениям способствуют развитию работ в этом направлении.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки дефектов чугунного литья.

В работе решены следующие задачи:

- 1) обосновать выбор способа ремонтной сварки чугунных отливок;
- 2) составить проектную технологию ремонтной сварки;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,91 млн. рублей.

ABSTRACT

Cast iron is considered to be a number of hard-to-weld structural materials due to the high tendency of welded joints to form various defects, the difficulty of obtaining dense, uniformly strong base metal, as well as easily machined weld joints. At the same time, the need to use welding of cast iron castings and machine parts, the continuous improvement of metal quality and, accordingly, stricter requirements for welded joints contribute to the development of work in this direction.

The purpose of the final qualifying work is to increase the productivity and quality of repair welding of cast iron defects.

The work solved the following tasks:

- 1) to substantiate the choice of method of repair welding of iron castings;
- 2) to make the design technology of repair welding;
- 3) perform a safety and environmental assessment of the proposed technical solutions;
- 4) perform an assessment of the cost-effectiveness of the proposed technical solutions.

Analysis of the economic efficiency of the proposed solutions allowed to establish that the implementation of the results of final qualifying work in production will provide an annual economic effect in the amount of 0.91 million rubles.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Описание изделия.....	7
1.2 Сведения о материале изделия.....	10
1.3 Базовая технология заварки дефекта.....	12
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки чугунов.....	14
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы...	16
2 Проектная технология ремонтной сварки	
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки	18
2.2 Выбор порошковой проволоки	22
2.3 Операции проектной технологии сварки	26
2.4 Планировка участка для ремонтной сварки	29
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта	
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	35
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки.....	36
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.....	38
3.5 Заключение по разделу	39
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	40
4.2 Расчёт фонда времени.....	43

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	43
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	46
4.5 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям ...	51
4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии.....	53
4.8 Заключение по экономическому разделу	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам энергетической эффективности производства машиностроительных заготовок по мере удорожания энергоносителей уделяется все большее внимание. Наиболее дешевыми, а в случае использования труднодеформируемых и трудносвариваемых чугунов, наиболее целесообразными являются литые заготовки. Сдерживающим фактором широкого применения литых заготовок являются жесткие требования к их качеству и свойствам.

Чугуны относят к числу трудносвариваемых конструкционных материалов из-за высокой склонности сварных соединений к образованию различных дефектов, трудности получения плотных, равнопрочных основному металлу, а также, как легкообрабатываемых сварных соединений. Вместе с тем необходимость применения сварки чугунных отливок и деталей машин, постоянное повышение качества металла и соответственно ужесточение требований к сварным соединениям способствуют развитию работ в этом направлении [1...4, 26, 27].

На основании вышеизложенного следует считать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки дефектов чугунного литья.

1 Анализ состояния вопроса

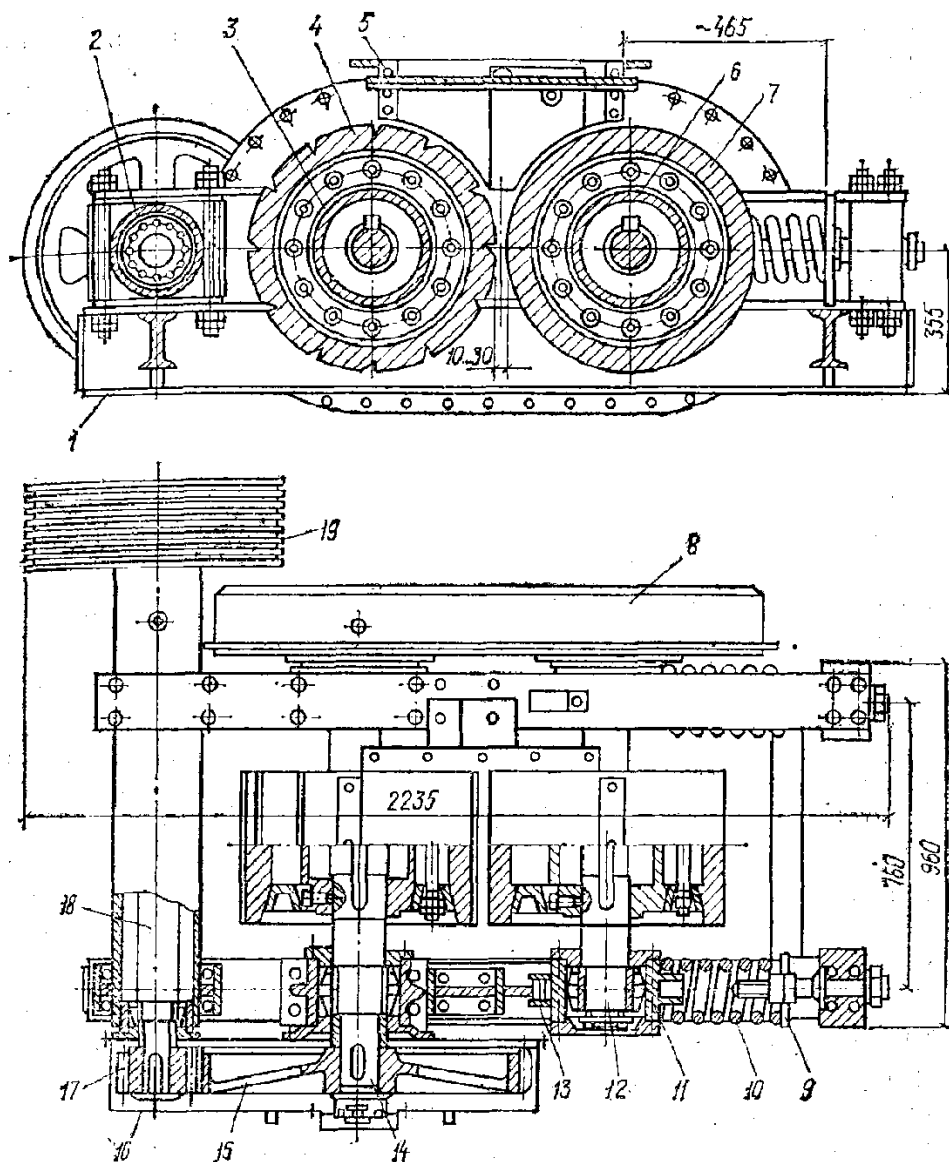
1.1 Описание изделия

Типовым изделием, выполняемым методом литья чугуна, является валок дробилки, сборочный чертёж которого представлен в графической части. Во многих отраслях промышленности строительных материалов (керамической, стекольной, цементной и др.) широкое распространение получили валковые агрегаты (валковые дробилки и вальцы), предназначенные для крупного, среднего, мелкого и тонкого измельчения материалов малой и средней прочности, удаления из глины каменистых включений и т.д.

Валковая дробилка (рис. 1.1) имеет ряд преимуществ перед другими дробилками, это простота конструкции, удобство и безопасность эксплуатации и обслуживания, минимальное число изнашиваемых деталей, а также возможность их легкой замены, относительно не высокий уровень вибрации из отсутствия вибрирующих частей рабочих органов, наличие предохранительных устройств в виде подпружинивания одного из валка. Основным недостатком валковой дробилки является дробление только относительно непрочных материалов, так как дробление более прочных материалов приводит к повышенному износу поверхностей валков.

Валок (рис. 1.2) состоит из вала 1, корпуса валка 2, двух распорных конических колец 3, бандажа 4. Корпус валка 3 насажен на вал 1 с фиксацией от вращения шпонкой 5 и стопорится от осевого перемещения предохранительной планкой 6. Бандаж 4 насажен на цилиндрическую поверхность корпуса валка 2 с зазором с фиксирующей от вращения шпонкой 7 и застопорен от осевого перемещения планками 8. Зазор между корпусом валка 2 и бандажом 4 устраняется при подтягивании распорных конических колец 3 стяжными болтами 9, для чего в корпусе валка 2 с торцев выполнены выемки с внутренней цилиндрической и наружной конической поверхностью, в которые вставляют распорные конические кольца 3. На

наружной поверхности корпуса валка 2 выполняются пазы по всей длине образующей цилиндра, которые разрезают насквозь наружную обечайку корпуса валка 2 на отдельные секторы, которые отгибаются при втягивании распорных конических колец 3, выбирая зазор в посадке бандажа 4 и обеспечивающая необходимый натяг в сопряжении.



- 1 – рама; 2, 11 – подшипники; 3 – неподвижный валок; 4 – рифленый бандаж; 5 – загрузочный бункер; 6 – подвижный валок; 7 – гладкий бандаж; 8, 16 – кожан; 9 – предохранительные кольца; 10 – пружина; 12, 14 – вал; 13 – регулировочные планки; 15, 17 – шестерни; 18 – приводной вал; 19 – шкив

Рисунок 1.1 – Валковая дробилка

На корпусе валка выполнено три паза В, по которым изношенный бандаж может быть разрезан на три части, что упрощает проведение ремонтных работ. Распорные конические кольца 3 имеют сквозной разрез Г, который обеспечивает их плотную посадку на цилиндрическую поверхность корпуса валка 2 за счет тангенциальной деформации колец 3. Распорные конические кольца 3 вынимаются из корпуса валка 2 с помощью отжимных болтов 10. Головки стяжных болтов 9 для удобства закручивания гаек стопорятся от поворота в кольцевом пазу стопорного кольца 11.

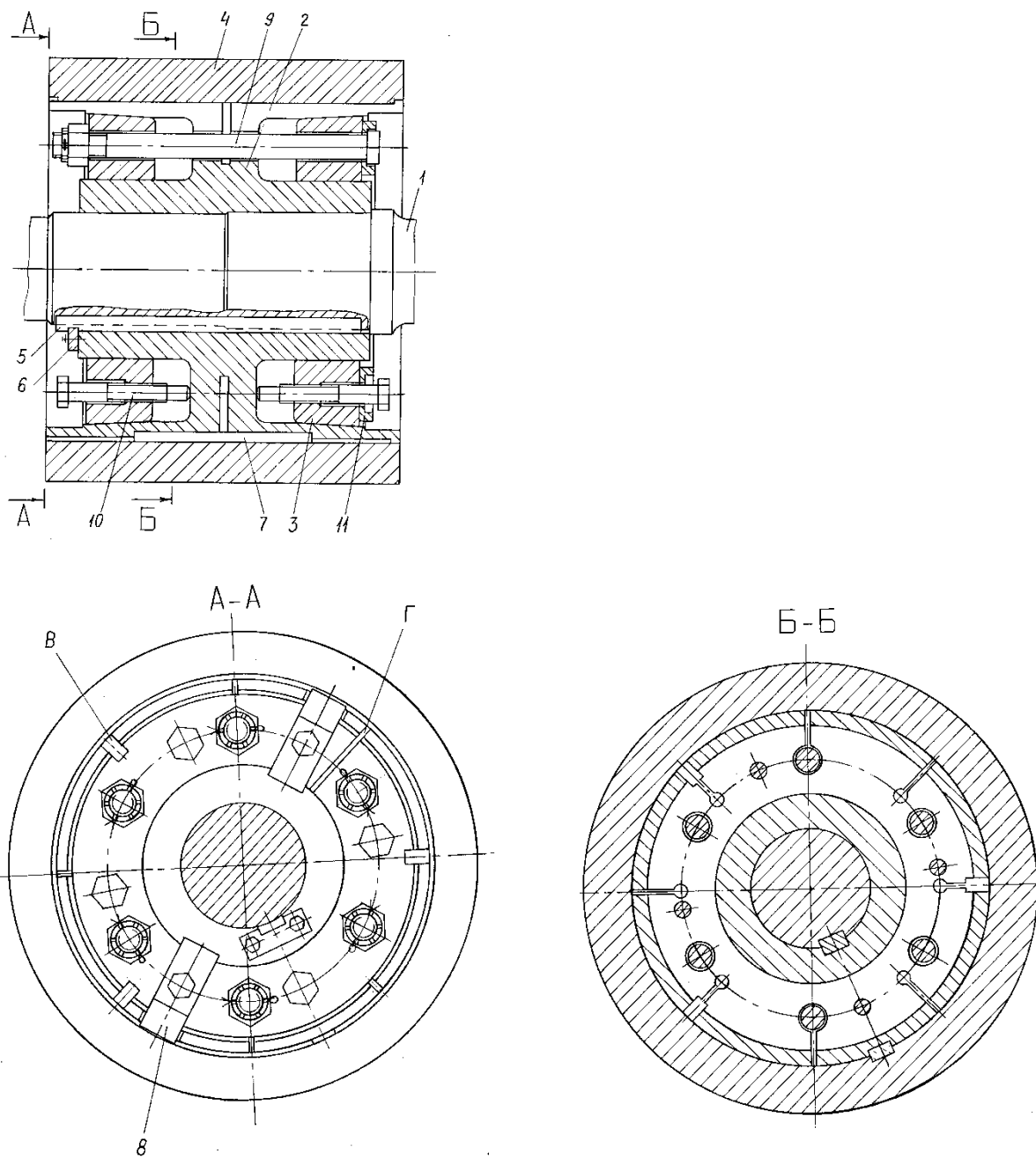


Рисунок 1.2 – Валок дробилки

1.2 Сведения о материале изделия

Бандаж валка изготавливается литьём из чугуна ВЧ45 (ГОСТ 7293-85).

Склонность соединений чугунов к образованию разного рода дефектов в наибольшей степени проявляется в условиях дуговой сварки без подогрева или с невысоким местным подогревом.

Чугун - это поликомпонентный высокоуглеродистый сплав железа, кристаллизующийся с образованием эвтектики, весьма чувствительный к условиям охлаждения и подверженный образованию неравновесных структур, которые резко повышают твердость, ухудшают обрабатываемость сварных соединений и снижают их технологическую прочность [5...8]. Состав чугунов промышленных марок в машиностроительном литье отличается не только высоким содержанием углерода (2,5...3,8 %), но и достаточно большой концентрацией кремния (1,2...3,8 %), фосфора (до 0,3 %), серы (до 0,15 %).

Характерной особенностью структуры конструкционных чугунов является наличие графитных включений и большой доли эвтектической составляющей, в том числе и фосфидно-цементитной эвтектики (рис. 1).

Высокое качество сварных соединений конструкционных чугунов возможно при выполнении следующих условий [9]:

- предел прочности соединений при испытании на растяжение должен быть не ниже 80% заданного минимального предела прочности свариваемого чугуна;
- соединения, выполненные с жестким закреплением элементов или непосредственно на корпусной детали, должны быть непроницаемыми при их испытании керосиновой пробой или гидравлическим давлением соответственно назначению изделия;
- обработка соединений режущим инструментом не должна вызывать существенных затруднений.

Рассматривая особенности чугуна как свариваемого материала, необходимо отметить его высокую газонасыщенность. Из простых газов в чугунах чаще встречаются водород, кислород и азот, из сложных — различные их соединения CO , CO_2 , C_mH_n , нитриды. В составе газовой фазы, выделяющейся из чугуна при его плавлении, наиболее высокое содержание водорода: 32 % H_2 , 15 % N_2 , 28 % CO , 14 % CO_2 и 11 % CH_4 . В серых чугунах водород концентрируется главным образом в графитных включениях и его содержание возрастает с увеличением количества графита. Остаточное содержание малодиффузионных форм водорода в доменных чугунах оценивается значением $30 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ и более, в серых чугунах ваграночной плавки $0,7 \dots 30 \text{ см}^3/100 \text{ г}$, в ковких после отжига $0,6 \dots 12 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Концентрация кислорода в обычном сером чугуне не превышает 0,01 %, концентрация азота оценивается значением $0,001 \dots 0,015 \%$ (в большинстве случаев до 0,008).

При дуговой сварке без высокого предварительного подогрева изделия и последующей термической обработки названный комплекс условий достижим только путем использования высоконикелевых электродных материалов, осуществляя сварку на предельно низких режимах и не допуская даже локальных разрушений в зоне сплавления. Решая в основном металлургические вопросы, способ ручной сварки высоконикелевыми штучными электродами исчерпал свои возможности для снижения тепловложения и уменьшения объемов металла шва. Что касается нежелательного высокого уровня погонной энергии сварки ($3,2 \dots 3,8 \text{ МДж/м}$), то этот недостаток частично компенсируют путем особой техники выполнения протяженных швов, которую можно отождествить с осуществлением множества коротких прихваток с немедленной последующей их проковкой. В отношении радикального (в 4...5 раз) снижения погонной энергии очевидны преимущества механизированной сварки тонкой проволокой.

1.3 Базовая технология заварки дефекта

Поверхность отливки, на которой обнаружен дефект, подлежит очистке от земли, пригара и других загрязнений.

После определения границ дефекта необходимо разделить дефектное место под сварку, обеспечив выполнение следующих требований:

- все загрязнения - песок, рыхлый и пористый металл следует удалить;
- прилегающие к разделке поверхности шириной 15...25 мм необходимо тщательно очистить от песка, масла и других загрязнений;

Во всех случаях удаление дефектов должно производиться с помощью механической обработки: пневматическим молотком, наждачным кругом или на металлорежущих станках

При разделке дефектов зубилом металл снимать тонкими слоями во избежание отколов и образования трещин. Допускается удаление масла газовым пламенем горелки или резака.

При подготовке деталей под сварку, разделку дефекта следует выполнять с резким переходом, с таким расчетом, чтобы до минимума уменьшить выход на обрабатываемую поверхность зоны термического влияния, где возможно образование отбела.

К заварке дефектов в отливках из чугуна допускаются сварщики не ниже 4-го разряда по ЕТКС, имеющие соответствующий опыт работы.

На применяемые электроды необходимо иметь наличие копии сертификата с отметкой бюро входного контроля ОТК о проведении входного контроля.

Перед сваркой электроды прокалить по режиму, указанному на ярлыке к пачке электродов. После прокалки до сварки электроды должны храниться в специальном сушильном шкафу при температуре не ниже 60°C.

Заварку дефектов следует производить в местах с отсутствием сквозняков и потоков холодного воздуха при температуре не ниже 15°C.

Исправление дефектов в чугунных отливках заваркой медно-никелевыми электродами производится на постоянном токе обратной полярности на следующих режимах:

Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
3	90...110
4	120...140
5	160...190
6	210...230

Заварку производить только в нижнем положении, короткими валиками длиной 20...30 мм. Высота валика - не менее 4 мм. После наложения каждого валика, наплавленный участок следует очищать от шлака и брызг, проковывать легкими ударами молотка. Сварку возобновлять после охлаждения места сварки до температуры 60°C.

Заварку производить наложением параллельных валиков. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 0,3...0,5 мм его ширины.

Окончание заварки производить на ранее наплавленном металле путем повторного (двух - трехкратного) зажигания дуги до полного заполнения кратера.

С помощью медно-никелевых электродов рекомендуется исправлять несквозные раковины, поры, ужимины, рыхлоты на обрабатываемых и окончательно обработанных поверхностях отливок, в местах, не несущих силовых нагрузок, превышающих временное сопротивление разрыву сварного соединения с учетом коэффициента запаса прочности.

Размеры завариваемых дефектов: площадь не более 10 см²; глубина не более 10 мм

Вопрос о заварке дефекта, превышающего размеры должен согласовываться с главными специалистами с оформлением документа в установленном порядке, а паспортизованных деталей - паспорта.

Наплавленный металл при исправлении дефектов медно-никелевыми электродами представляет собой сплав меди с никелем.

Механические свойства сварного соединения:

- твердость наплавленного металла HB 120...160, переходной зоны до HB 280; - временное сопротивление сварного соединения при статическом растяжении до 4...5 кгс/мм².

Сварное соединение удовлетворительно обрабатывается режущим инструментом.

Сварное соединение обладает довольно высокой вязкостью, плотностью, но недостаточной прочностью, поэтому не применяется для исправления дефектов на участках изделий, несущих силовую нагрузку.

Наплавленный металл склонен к образованию трещин и пор.

Термообработка отливки после заварки дефектов медно-никелевыми электродами не производится.

Недостатками базовой технологии являются:

- низкая производительность;
- малая прочность наплавленного металла;
- трещины и поры наплавленного металла;
- требуется высокая квалификация сварщика.

1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки чугунов

В сети ИНТЕРНЕТ произведён поиск источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки чугунов. При поиске использовались ключевые слова «сварка чугуна», «чугунные изделия», «диссертация», «журнал Автоматическая сварка», «журнал Сварочное производство».

В первой работе [10] проведен эксперимент по наплавке высокохромистым чугуном. Установлена возможность влияния на

структурообразование наплавленного металла низкочастотных колебаний, частота которых совпадает с частотой собственных колебаний изделия (в условиях резонанса). При этом наплавленный металл имеет большую твердость, а также характеризуется равномерным распределением хрома между дендритами и эвтектикой, меньшими размерами дендритов у линии сплавления. Отмечена более высокая трещиностойкость наплавленного металла.

Результаты этой работы могут быть использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки чугуновых изделий.

Во второй работе [9] рассматривается роль химического состава, структуры и механических свойств в чугуновых отливках с позиции сварки. Названы главные факторы, определяющие значительные затруднения в получении плотнопрочных и легкообрабатываемых сварных соединений при сварке чугуновых изделий без высокого предварительного подогрева и последующей термической обработки. Отмечено влияние графитной фазы и продуктов окисления металлической основы на принципиальную способность чугуна образовывать сварное соединение. Анализируются условия кристаллизации и формирования структуры в зоне сплавления. Обобщаются результаты исследований влияния термического цикла дуговой сварки на структуру и свойства чугунов в металле ЗТВ. Описаны представления о природе околошовных трещин и принципы предотвращения отрывов и микротрещин в металле ЗТВ. Приведены исходные положения для выбора состава наплавленного металла и соответствующих электродных материалов, меры снижения склонности металла шва на основе никеля к образованию пор. Определяется комплекс требований к качеству дуговой сварки чугунов, обобщаются металлургические и технологические меры обеспечения сплошности, герметичности, прочности и обрабатываемости сварных соединений.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки.

В третьей работе [11] Рассмотрено влияние малых добавок бора на свойства наплавленного металла типа белого чугуна доэвтектического состава при широкослойной дуговой наплавке порошковой проволокой. Установлено, что бор в количестве 0,07...0,14 мас. % существенно повышает трещиностойкость наплавленного металла типа белого чугуна. Показано, что рост трещиностойкости обусловлен модифицирующим воздействием бора на размеры и строение структурных составляющих наплавленного чугуна и упрочнением межзеренных границ.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки.

В четвёртой работе [12] предложена порошковая проволока, которая по сравнению с прототипом позволяет повысить прочность соединения и стойкость шва против образования пор и трещин.

Результаты этой работы будут использованы при оставлении проектной технологии сварки.

В пятой работе [13] предложены основы для составления технологии получения литосварных чугунных изделий. Предлагаемые мероприятия основаны на проведённых исследованиях свариваемости чугунов, повышения эффективности использования существующих сварочных материалов и разработке новых. Предложены подходы к технике сварки и построению оборудования для сварки, составлена методика оценки свойств и работоспособности соединений.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки дефектов чугунного литья.

Базовая технология предусматривает ручную дуговую сварку медно-никелевыми электродами. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая производительность;
- малая прочность наплавленного металла;
- трещины и поры наплавленного металла;
- требуется высокая квалификация сварщика.

На основании предварительного обзора состояния вопроса можно сформулировать способы, которыми возможна ремонтная сварка чугунных отливок:

- газовая сварка чугуна;
- газопорошковая наплавка;
- сварка неплавящимся электродом;
- сварка штучным электродом;
- механизированная сварка проволоками сплошного сечения;
- механизированная сварка порошковыми проволоками.

Сформулируем задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) обосновать выбор способа ремонтной сварки чугунных отливок;
- 2) составить проектную технологию ремонтной сварки;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

2 Проектная технология ремонтной сварки

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

2.1.1 Газовая сварка

Ремонт чугунных деталей при помощи газовой сварки нашёл широкое применение. Использование газового пламени делает возможным перераспределение тепловых потоков, идущих на нагрев свариваемого изделия и присадочного металла, что обеспечивает получение требуемых термических циклов сварки. Устранение крупных дефектов возможно путём одновременного применения несколько сварочных горелок.

Сварку чугуна можно выполнять обычными серийно выпускаемыми сварочными горелками, которые работают на ацетиленовом или пропан-бутановом пламени. С учётом больших объемов наплавляемого металла, сварку чугуна рекомендовано проводить горелками «Факел», «Норд» или другими горелками с наконечниками № 3...5. При использовании для сварки газов-заменителей применяют горелки типа ГЗУ-3, ГЗУ-5.

Плотные перлитные структуры наплавленного металла получают, используя присадочные прутки из низколегированного чугуна (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Чугунные низколегированные присадочные прутки 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...0,5
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	-

Газовую сварку чугуна нужно вести с применением флюсов, защищающих от окисления кромки изделия, удаляющих оксиды и неметаллические включения из расплавленного металла. Основным компонентом флюса для сварки чугуна является бора ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Иногда к буре добавляют до 25...50 % углекислого натрия, 25 % углекислого калия,

50 % натриевой селитры. Применение порошковых флюсов при сварке чугуна не всегда удобно.

Получение наплавленного металла без пор высокой плотности может быть обеспечено применением газодюсовой сварки. В момент подогрева и раздели дефекта подают газодюобразный флюс, что улучшает протекание процесса сварки. В этом случае проходит получение равномерного шлакового покрова, имеющего большое поверхностное натяжение, превышающее поверхностное натяжение при использовании порошковых флюсов. При этом образуется ровный валик без натеков. Прочность металла шва при горячей газовой и газодюсовой сварке не уступает прочности основного металла (250...280 МПа), и твердость его (170...220 НВ) обеспечивает хорошую обрабатываемость детали.

2.1.2 Газодюсовая наплавка

При помощи газодюсовой наплавки устраняют мелкие дефекты чугунных отливок, которые были обнаружены после механической обработки. Поверхность, которая подлежит наплавке, нагревается пламенем горелки до 300...400 °С. В процессе наплавки на дефектную поверхность насыпают слой порошка, который в процессе сварки оплавляется.

Далее насыпают новый слой, который также оплавляется. При протекании диффузионных процессов между расплавленным порошкообразным сплавом и поверхностными слоями основного металла происходит образование неразъемного соединения. При этом не происходит структурных изменений в основном металле. С применением газодюсовой наплавки можно восстановить слой металла толщиной до 3 мм, не расплавляя основной металл. При этом обеспечивается ускоренный и равномерный прогрев порошкового сплава в пламени горелки, основной металл не перегревается, существует возможность сварки в любом пространственном положении.

2.1.3 Сварка неплавящимся электродом

В процессе сварки вольфрамовым электродом, происходит плавление вольфрама в сварочной дуге, однако правильный подбор параметров режима сварки приводит лишь к незначительному оплавлению конца электрода. В этом случае расход электродного стержня не превышает 1...2 см в час. При нагреве происходит интенсивное окисление вольфрамового электрода на воздухе, поэтому вольфрамовые электроды можно применять лишь в инертном защитном газе, который не будет реагировать с вольфрамом. Самое высокое качество сварки неплавящимся электродом и продолжительный срок службы вольфрамовых электродов обеспечиваются при применении инертных газов – аргона и гелия. Ремонтная сварка чугуна ведется на постоянном токе прямой полярности (минус на вольфрамовом электроде). Горелка для сварки вольфрамовым электродом в инертных газах (газоэлектрическая сварка) легка, компактна и удобна в работе. Сварка может быть применена для соединений и заварки дефектов в высокопрочных чугунах [14, 15, 16, 17]. Процесс отличается чистотой, в сварочную ванну не вносится никаких загрязнений, а инертный газ создает надежную защиту от воздействия атмосферного воздуха; температура «пламени» при сварке вольфрамовым электродом может достигать до 30 000° С.

2.1.4 Ручная дуговая сварка штучными электродами

Ремонтную сварку чугуна можно выполнять с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, если при этом использованы специальные сварочные материалы и техника сварки [18, 19, 20].

Горячую сварку чугуна выполняют при предварительном нагреве деталей до температуры 600...650 °С. После выполнения ремонтной сварки остывает вся масса нагретой детали, в результате чего скорость охлаждения сварного шва существенно ниже, чем в случае выполнения холодной сварки. В этом случае в сварном шве успевают пройти процессы графитизации,

существенно ниже скорость усадки, что устраняет образование трещин в околошовной зоне.

Сварку выполняют электродами типа ОМЧ-1, которые состоят из чугунных прутков со специальным покрытием.

Применение горячей сварки позволяет получить самые лучшие показатели качества, однако, такая технология достаточно сложна и очень трудоемка.

Холодная ремонтная сварка чугуна может выполняться следующими способами:

- 1) Стальным малоуглеродистым электродом.
- 2) Специальными электродами ПАНЧ-11, МНЧ-1, МНЧ-2, ОЗЧ-1 и др.
- 3) Биметаллическим электродом или пучком электродов.

В случае если к сварному шву предъявляются требования по хорошей обрабатываемости и допустима невысокая прочность, могут использоваться электроды МНЧ-1, МНЧ-2. Никель, который входит в состав этих электродов, не взаимодействует с углеродом, поэтому шов обладает невысокой твердостью и хорошей механической обрабатываемостью. Электроды ОЗЧ-4, которые изготовлены из медной проволоки с фтористо-кальциевой обмазкой, позволяют получить прочный, но труднообрабатываемый шов, который представляет собой медь, насыщенную железом.

2.1.5 Механизированная сварка чугуна

С начала 60-х годов стала применяться механизированная сварки чугуна [13, 14, 15, 16].

ЦНИИТМАШ и Институт электросварки им. Е.О. Патона предложили различные варианты состава присадочного металла, который обеспечивает диффузию в сварочную ванну углерода из околошовной зоны и удаление углерода из этой зоны. В результате этого предотвращается отбел и

происходит повышение твердости металла, что позволяет получить качественное сварное соединение на чугунных деталях.

Институтом электросварки им. Е.О. Патона предложены следующие технологии механизированной сварки чугуна:

- 1) электрошлаковая сварка пластинчатым электродом, а также неплавящимся электродом с присадкой порошковой проволоки (при заварке крупных дефектов литья);
- 2) механизированная и автоматическая дуговая сварка порошковой самозащитной проволокой;
- 3) механизированная сварка в углекислом газе проволокой сплошного сечения.

Недостатками механизированной сварки чугуна в защитных газах является:

1. Тяжёлые условия труда сварщика (горячая отливка)
2. Сложность заварки дефектов больших размеров
3. Низкая производительность
4. Длительное тепловое воздействие на деталь

2.2 Выбор порошковой проволоки

В настоящее время мировой производитель выпускает достаточно большое число порошковых проволок для сварки и заварки дефектов чугуна.

2.2.1 Порошковая проволока ПП-АНЧ-5М (пр-ва НПФ «Элна»)

Самозащитная порошковая проволока марки ПП-АНЧ-5М предназначена для горячей сварки, наплавки и заварки дефектов литья из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, может применяться для сварки серого чугуна с пластинчатым графитом. Сварка производится на постоянном токе прямой полярности. Проволока выпускается диаметром 1,6...3,0 мм. Формирование наплавленного валика – хорошее, шлаковой

корки практически нет. Склонность к образованию трещин - умеренная при подогреве. Стабильность горения дуги высокая, перенос металла мелкокапельный, привариваемость брызг к основному металлу слабая. Провар основного металла 2...5 мм. Стойкость против пор высокая, стойкость против трещин высокая при предварительном подогреве изделия до температуры 400...500 °С, охлаждение замедленное $\leq 100^\circ \text{C/ч}$. Поверхность чугуна под сварку или наплавку должна быть зачищена до здорового металла. Разделку и подготовку кромок следует выполнять с помощью механической обработки. При использовании огневых способов резки и зачистки возможно появление трещин в зоне термического влияния изделия.

Таблица 2.1 – Рекомендуемые режимы сварки проволокой ПП-АНЧ-5М

Диаметр проволоки, мм	1,6...1,8	2,0...2,2	2,4...2,6
Ток, А	150-240	160-300	250-500
Напряжение, В	24-27	24-28	30-34
Вылет проволоки, мм	20-30	20-30	25-50

2.2.2 EnDOtec DO*26 (пр-ва Castolin Eutectic)

Специальная порошковая проволока для сварки в среде защитных газов на основе сплава NiFe. Безникелевый наплавленный металл с высоким содержанием карбидообразователей. Высокая сопротивляемость трению скольжению металлов (адгезия). Высокое сопротивление деформациям. Очень хорошее соединение даже при использовании масляных и загрязненных чугунов. Цвет близок к цвету чугуна.

Типичные примеры использования:

Покрyтия протяжных и формовочных инструментов в автомобильной промышленности; устранение литейных дефектов и при сильно окисленных, обожженных или замасленных литых изделиях (кокили, ржавчина, дверцы отопительных котлов); соединения изделий для глубокой вытяжки.

Указания по обработке:

Удалить потрескавшийся или иначе поврежденный материал, а также дефекты литья. Очистить зону сварки. Сваривать без предварительного подогрева, короткой дугой, импульсной дугой или дугой со струйным переносом металла, предпочтительна импульсно-дуговая сварка. Изделия сваривать при минимальной погонной энергии с проковкой шва.

Изделие медленно охлаждать в печи или под изоляционным материалом.

Газовая защита: макс. 5 % углекислого газа, остальное – аргон.

Свойства и преимущества:

- Отличное соединение с замасленным серым чугуном
- Отличная стойкость в условиях трения металла о металл
- Отличная стойкость против давления
- Хорошая ползучепрочность

2.2.3 ОК Tubrodur 15. 66 (пр-ва ESAB)

Рутиловая порошковая проволока для сварки чугунных деталей, сварки чугуна и стали.

Предел прочности наплавленного металла 500 МПа, относительное удлинение 12%, механическая обработка - без ограничений.

Химический состав наплавленного металла: С-2,0 %; Si-4,0 %; Mn-0,4 %; Ni-50,0 %; Fe-48,0 %; Cu-2,5 %; Al-1,0 %.

Выпускается диаметром 1,2 мм.

Для ремонтной сварки наиболее применима проволока ПП-АНЧ-5М пр-ва НПФ «Элна» (Украина). Эта проволока хорошо показала себя при сварке чугуна ВЧ 45 ($\sigma_T=320...420$ МПа, $\sigma_B=430...510$ МПа, относительное удлинение 4...9 %). Так как это проволока самозащитная, то защитный газ применять не надо.

2.2.4 Предлагаемая порошковая проволока

При составлении проектной технологии ремонтной сварки чугунных отливок предложим порошковую проволоку. Эта порошковая проволока состоит из стальной оболочки и порошкообразной шихты. Порошкообразная шихта содержит графит, силикокальций, ферротитан, ферромарганец и железный порошок, шихта дополнительно содержит ферромolibден, никель-хром-бор-кремниевый сплав, плавиковый шпат, а силикокальций введен в виде ферросиликокальция. При этом следующее соотношение компонентов, мас. %: Графит 5,2...11,0; Ферросиликокальций 1,7...7,0; Ферротитан 0,3...0,78; Ферромарганец 0,2...0,45; Ферромolibден 2,0...4,0; Никель-хром-бор-кремниевый сплав 0,05...0,1; Железный порошок 0,17...14,75; Плавиковый шпат 1,8...2,5; Сталь оболочки - остальное.

С целью обеспечения высокого качества сварного соединения, получаемого в условиях влаги путем связывания водорода в нерастворимое соединение и улучшения степени перехода легирующих элементов из проволоки в наплавленный металл, в состав проволоки введен плавиковый шпат в количестве 1,8...2,5%.

Кроме того, вместо силикокальция в состав проволоки введен ферросиликокальций в пределах 1,7...7,0% по массе порошковой проволоки.

Введение таких количеств компонентов является необходимым и достаточным для обеспечения высокого качества сварного соединения при сварке чугуна с применением пониженной температуры предварительного подогрева, т.е. понижением расхода тепловой энергии.

Ферромolibден введен в состав порошковой проволоки для обеспечения необходимой пластичности металла шва в условиях низких температур предварительного подогрева свариваемых чугунных изделий. Нижний предел содержания ферромolibдена, равный 2,6%, определен из условия исключения образования трещин в сварном соединении при применении пониженной температуры предварительного подогрева. Верхний

предел его содержания (4,0%) ограничен тем, что при более высоком содержании ферромolibдена в проволоке в значительном количестве стабилизируются метастабильные структуры в наплавленном чугуне, образование которых ухудшает пластические свойства металла шва и способствует трещинообразованию.

Для исключения образования в металле шва включений окислов в состав проволоки введен сплав, содержащий: Ni 70 %, Cr 20 %, Si 5 %, В 5 %. Никель и кремний в сплаве нейтрализуют вредное действие бора, который может остаться в свободном состоянии (не связанном в окисел). Присутствие хрома в небольшом количестве способствует получению перлитной структуры чугуна. Нижний предел содержания указанного сплава, равный 0,05%, определен из условия достаточно полного рафинирования чугуна от кислорода. Верхний предел (0,10%) ограничен проявлением сплавом карбидостабилизирующего действия, что сообщает чугуну склонность к образованию трещин.

Наличие в проволоке плавикового шпата в количестве не менее 1,8 % обеспечивает надежную защиту расплавленного чугуна от воздействия на него водорода (предотвращается образование пор в металле шва). Увеличение плавикового шпата более 2,5% недопустимо, так как в этом случае значительно повышается температура плавления шлака, что ухудшает его, растекаемость по сварочной ванне, в результате чего ухудшается защита расплавленного чугуна.

2.3 Операции проектной технологии сварки

2.3.1 Подготовка отливок

При подготовке чугунных отливок к ремонтной заварке дефектов выполняется:

- зачищают поверхности отливки в месте обнаруженного литейного дефекта;
- разделяют дефект до его полного удаления;

- изготавливают подформы по месту для сквозного или краевого дефекта.

Поверхность отливки, где был обнаружен дефект, следует очистить, удаляя землю, пригар и другие загрязнения.

После того, как были определены границы дефекта, следует выполнить разделку дефектного места под ремонтную сварку, при этом следует выполнить следующие требования:

- обеспечить удаление всех загрязнений - песка, рыхлого и пористого металла;
- тщательно зачистить поверхности, которые прилегают к разделке на ширину 15...25 мм, удаляя песок, масло и другие загрязнения;
- следует скруглить все острые края.

Если дефекты расположены друг от друга дальше, чем на 20 мм, их вырубку осуществляют порознь. Если расстояние между дефектами меньше 20 мм, следует выполнить сплошную вырубку участка.

Удалять дефекты следует при помощи механической обработки: с использованием пневматического молотка, наждачного круга или металлорежущих станков.

Если дефектов разделяют зубилом, следует снимать металл тонкими слоями, чтобы избежать образования отколов и трещин. Допускается удалять масло при помощи газового пламени горелки или резака.

В процессе подготовки деталей под ремонтную сварку, следует выполнять разделку дефекта с резким переходом, чтобы свести к минимуму до выход зоны термического влияния на обрабатываемую поверхность, что уменьшит образование отбела.

2.3.2 Сварка

Перед сваркой следует выполнить предварительный подогрев отливки. Температура подогрева 250...300 °С.

Параметры режима сварки указаны в табл. 2.2. В процессе сварки следует обеспечить проплавление основного металла на минимальную глубину. Ремонтную сварку следует выполнять одновременно тремя проволоками (рис. 2.1). Заварку дефекта выполняют ванным способом.

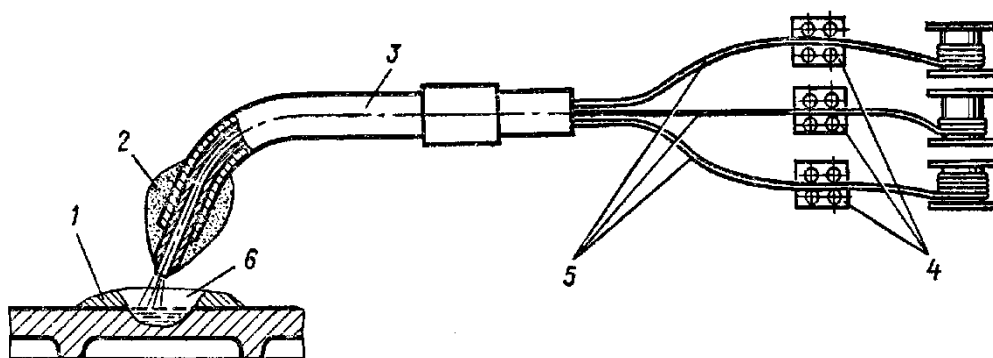
Для защиты горелки используют защитное покрытие завода «Станколит» (состав: 40% белой глины, 40% кварцевого песка, 20% серебристого графита).

Для сварки применим полуавтомат А-1072с (рис. 2.2).

После выполнения ремонтной сварки отливки охлаждают в цехе, при этом горячую отливку накрывают асбестовой тканью.

Таблица 2.2 – 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



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

Рисунок 2.1 – Схема полуавтоматической дуговой сварки одновременно тремя проволоками:

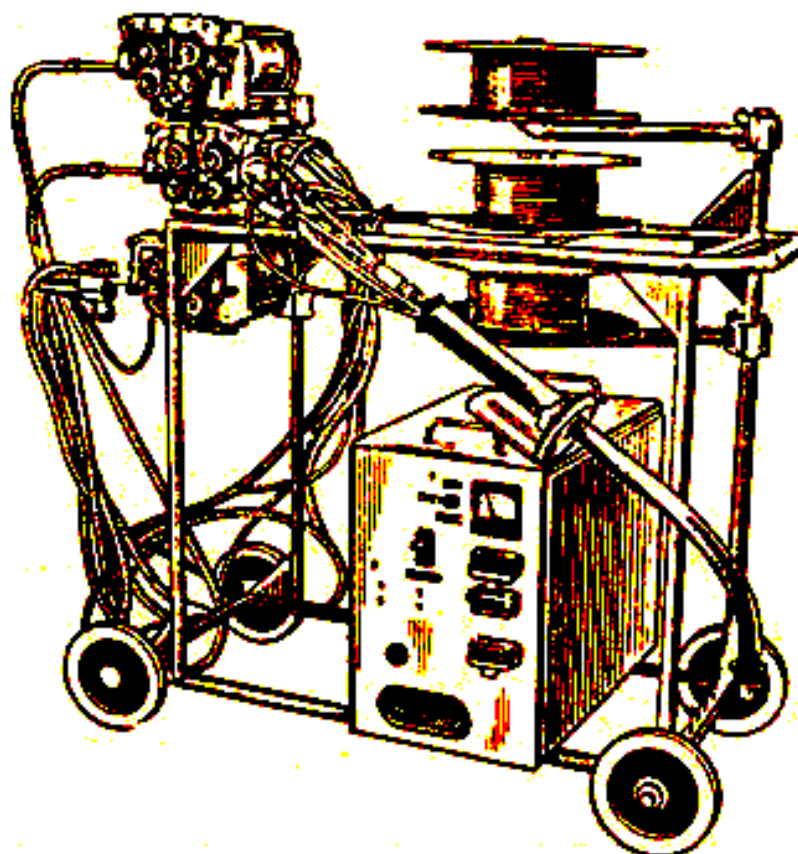


Рисунок 2.2 - Специализированный трехэлектродный полуавтомат для заварки дефектов чугунного литья

2.4 Планировка участка для ремонтной сварки

Для выполнения ремонтной сварки чугунных отливок участок оснащают необходимым стандартным и нестандартным оборудованием.

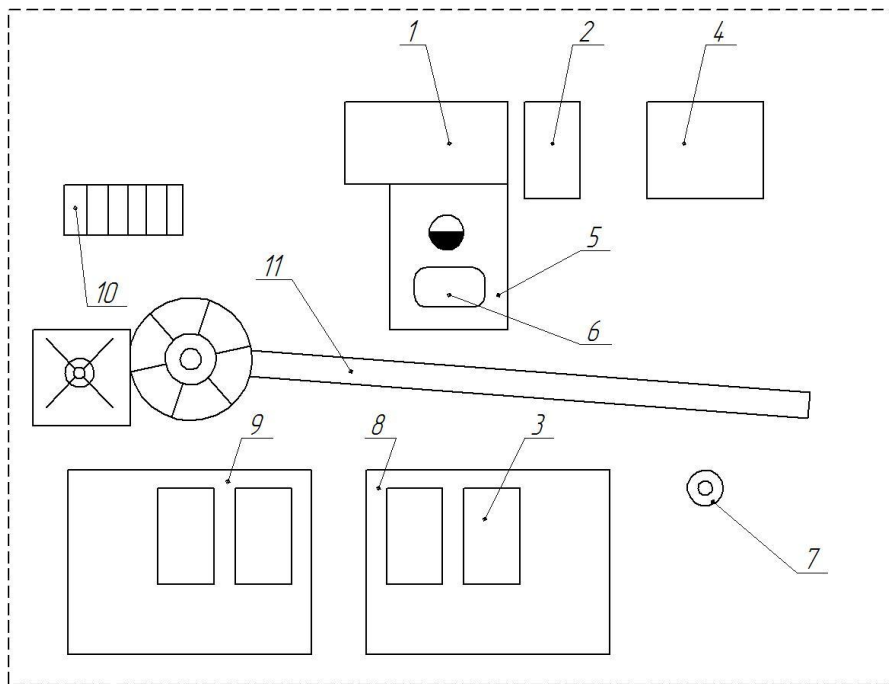
В составе участка для ремонтной сварки имеются следующие основные отделения: слесарное (на котором выполняют подготовку отливок под сварку, разделку дефектов); термическое (на котором выполняются операции по нагреву отливок); сварочное; контрольное (на котором выполняется дефектация и контроль качества).

Транспортировку отливок к технологическому оборудованию на сварочном участке, а также на термическом участке выполняют с помощью ручной тележки и подвешного электрического одноблочного крана.

При проектировании участка учитывались нормативы (табл. 2.3).

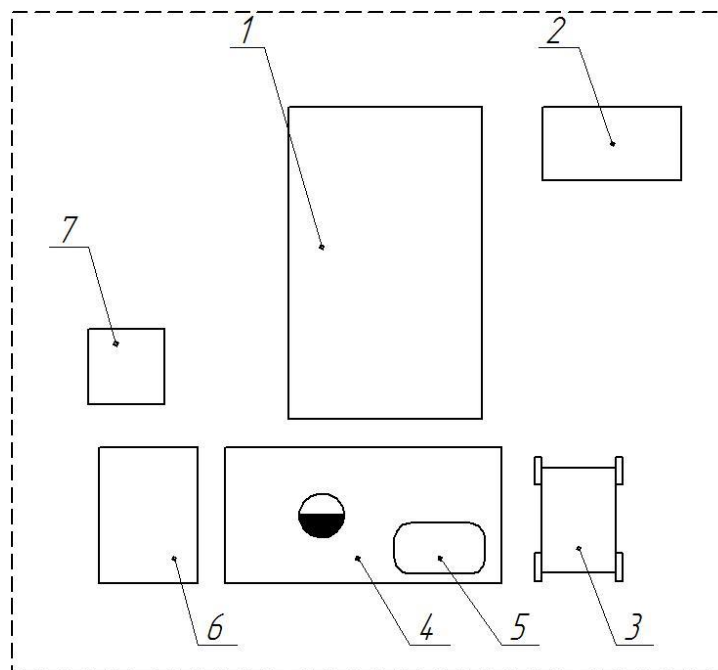
Таблица 2.3 – Нормативы расстояний между элементами зданий, оборудования и местами складирования

№ п/п	Минимальное расстояние	Допускаемые значения, м
1	От колонн или стен здания до:	
	Боковой стороны оборудования	1 – 3
	Тыльной стороны оборудования	1 – 2,5
	Фронта оборудования	1 – 2,5
2	Между фронтом и тыльной стороной оборудования	1 – 2
3	Между тыльной и боковой стороной оборудования	1, 4 – 2
4	Между тыльными сторонами оборудования	1 – 1,4
5	Между боковыми сторонами оборудования	1 - 3
6	Между оборудованием, расположенным фронтом друг к другу	1 – 3
7	От фронта оборудования до места складирования	1 – 1,6
8	Между местами складирования	1 – 1,4
9	Между тыльной стороной оборудования и местом складирования	1 – 1,2
10	Между боковой стороной оборудования и местом складирования	1 – 2



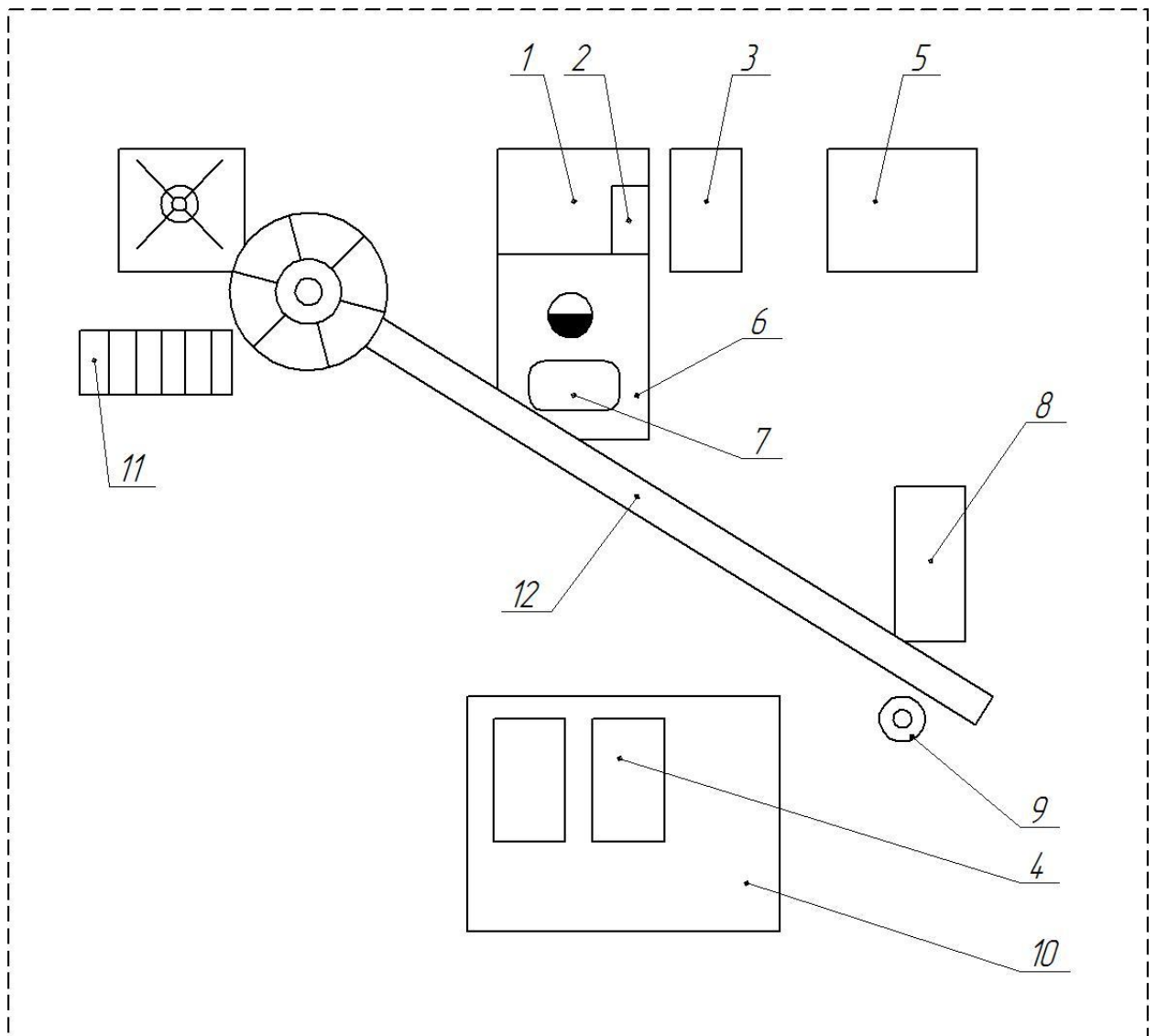
1 - верстак; 2, 3 - передвижные столики для тары с готовыми узлами; 4 - оборудование газовой сварки; 5 - диэлектрический мат; 6 - стул; 7 - стойка с цветной сигнальной лампочкой для вызова внутрицехового транспорта; 8 - поддон для готовых отливок; 9 - поддон для неразделанных отливок; 10 - стремянка; 11 - консольный кран

Рисунок 2.3 – Планировка слесарного участка



1 - печь; 2 - стеллаж; 3 - тележка; 4 - решетка для ног; 5 - стул; 6 - инструментальная тумбочка; 7 - урна для мусора

Рисунок 2.4 – Планировка участка предварительного нагрева



1 - сварочный стол; 2 - панель всасывания; 3, 4 - передвижные столики для тары с готовыми узлами; 5 - сварочный выпрямитель; 6 - диэлектрический мат; 7 - стул; 8 - тумбочка; 9 - стойка с цветной сигнальной лампочкой для вызова внутрицехового транспорта; 10 - поддон для готовых узлов; 11 - стремянка; 12 - консольный кран

Рисунок 2.5 – Планировка участка сварки

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Технология механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками, предусмотренная в качестве основной операции в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с этим становится необходимым проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи особенностей построения технологического процесса ремонтной сварки чугуновых отливок с применением механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой, особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает.

Проектная технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) подготовка под ремонтную сварку (выполняется пневматическим молотком, угловой шлифовальной машинкой);
- 2) предварительный подогрев (выполняется с применением печи с выкатным поддоном);
- 3) ремонтная сварка (выполняется с применением полуавтомата А-1072С);
- 4) зачистка (выполняется с применением угловой шлифовальной машинки);
- 5) контроль качества (визуальный с применением лупы).

Возникающие при реализации предлагаемой технологии опасные и вредные производственные факторы должны быть проанализированы и учтены, опасное действие необходимо устранить, а вредное действие уменьшить до приемлемого уровня.

Таблица 3.1 – Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
Подготовка под ремонтную сварку	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование 	Острые края деталей, сварочное оборудование
Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур 	Острые края деталей, сварочное оборудование
Ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - брызги расплавленного металла 	Острые края деталей, сварочное оборудование

Продолжение таблицы 3.1

Зачистка	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Острые края деталей, сварочное оборудование
Контроль качества	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений	Острые края деталей, сварочное оборудование

3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.2 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция
9. Брызги расплавленного металла	Инструктаж производственного персонала	Спецодежда, щиток сварщика, рукавицы

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Дуговая сварка является источником повышенной пожарной опасности, так как предусматривает источник нагрева (сварочная дуга) с температурой несколько тысяч градусов. При этом возгорание может произойти как от светового потока дуги, так и от брызг расплавленного металла, попавших на воспламеняемые предметы. Кроме того, наличие потребителей электрической энергии приводит к опасности возникновения пожара из-за короткого замыкания.

Таблица 3.3 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

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

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная сварка отливок чугуна	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	Выделяемые при сварке газообразные частицы	Отсутствует	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 3.7 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

<p>Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии</p>	<p>Ремонтная сварка отливок чугуна</p>
<p>Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу</p>	<p>На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .</p>

3.5 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

В выпускной квалификационной работе предложена технология и оборудование для ремонтной сварки дефектов чугунного литья. Базовая технология предусматривает ручную дуговую сварку медно-никелевыми электродами. Недостатками базовой технологии являются:

- низкая производительность;
- малая прочность наплавленного металла;
- трещины и поры наплавленного металла;
- требуется высокая квалификация сварщика.

Проектная технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) подготовка под ремонтную сварку (выполняется пневматическим молотком, угловой шлифовальной машинкой);
- 2) предварительный подогрев (выполняется с применением печи с выкатным поддоном);
- 3) ремонтная сварка (выполняется с применением полуавтомата А-1072С);
- 4) зачистка (выполняется с применением угловой шлифовальной машинки);
- 5) контроль качества (визуальный с применением лупы).

Применение этой технологии позволит снизить трудоемкость сварки и улучшить качество сварки за счет снижения человеческого фактора и оптимизации протекающих металлургических процессов.

Для обоснования эффективности внедрения в производство предлагаемых технологических решений необходимо провести экономические расчёты. Это позволит оценить технологическую себестоимость ремонтной сварки по базовому и проектному вариантам, размер капитальных вложений, показатели экономической эффективности и срок окупаемости.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	95,29	95,29
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м2)/год	4500	4500
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м2	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м2	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии	Цоб	Руб.	100 тыс.	200 тыс. + 2000 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	10	20
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Машинное время*	tмаш	час	1,2	0,4
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97

* При внедрении предлагаемого способа ремонтной сварки происходит увеличение коэффициента наплавки с 1,5 кг/ч (ручная дуговая сварка) до 4,5 кг/ч (механизированная сварка тремя самозащитными порошковыми проволоками)

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

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

где T_{cm} – продолжительность в часах рабочей смены; D_p – суммарное для одного года число рабочих дней; $D_{п}$ – суммарное для одного гола число предпраздничных дней; $T_{п}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней; C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

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

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

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

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_{\text{э}} = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-з}} , \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии; $t_{маш}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии; $t_{всп}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{маш}$; $t_{обсл}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{маш}$; $t_{отл}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{маш}$; $t_{п-з}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{маш}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{шт.баз} = 1,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,45 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,48 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{г} = \frac{F_{э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

где $F_{э}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали ;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{г.баз.} = 4108/1,45 = 2,8 \text{ тыс. за год;}$$

$$П_{г.проектн.} = 4108/0,48 = 8,5 \text{ тыс. за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения $П_{г} = 1$ тыс. деталей за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot ПГ}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на сварку одной детали; $ПГ$ – принятая годовая программа; $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии; $K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{1,45 \cdot 1000}{4108 \cdot 1,03} = 0,34$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,48 \cdot 1000}{4108 \cdot 1,03} = 0,11$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$K_z = n_{РАСЧ} / n_{ПР} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования; $n_{ПР}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$K_{зб} = 0,34 / 1 = 0,34,$$

$$K_{зп} = 0,11 / 1 = 0,11.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

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

где C_M – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

Базовый вариант ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектный вариант – механизированную сварку порошковой проволокой. При базовой технологии расход электродов – 1,5 кг на 1 кг наплавленного металла. При проектной технологии расход проволоки – 1,2 кг на 1 кг наплавленного металла.

$$M_b = 554 \text{ р/кг} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 174,51 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = 220 \text{ р/кг} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 55,44 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

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

где $C_{ч}$ – принятая тарифная ставка; $K_{д}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$Z_{осн.баз.} = 1,45 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 259,76 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,48 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 85,99 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 259,76 \cdot 12 / 100 = 31,17 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 85,99 \cdot 12 / 100 = 10,32 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 259,76 + 31,17 = 290,93 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 85,99 + 10,32 = 96,31 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{сн}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 290,93 \cdot 30 / 100 = 87,28 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 96,31 \cdot 30 / 100 = 28,89 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где $A_{\text{об}}$ – амортизация оборудования; $P_{\text{э-э}}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии; $N_{\text{а}}$ – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{100000 \cdot 21,5 \cdot 1,45}{4108 \cdot 100} = 7,59 \text{ рублей}$$

$$A_{об.нр} = \frac{2200000 \cdot 21,5 \cdot 0,48}{4108 \cdot 100} = 55,27 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии; $Ц_{ээ}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии; КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-эб} = \frac{10 \cdot 1,45 \cdot 3,02}{0,7} = 62,55 \text{ рублей}$$

$$P_{э-энр} = \frac{20 \cdot 0,48 \cdot 3,02}{0,7} = 41,42 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 7,59 + 62,55 = 70,14 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 55,27 + 41,42 = 96,69 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$З_{пл} = P_{пл} + A_{пл}, \quad (4.14)$$

где $P_{пл}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей; $A_{пл}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{пл} = \frac{C_{экспл} \cdot S \cdot t_{шт}}{F_{э}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 1,45}{4108} = 47,65 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,48}{4108} = 15,77 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot \text{На}_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ПГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $\text{На}_{\text{ПЛ}}$ – норма амортизации площади; $Ц_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 1,45}{4108 \cdot 100} = 15,88 \text{ руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 0,48}{4108 \cdot 100} = 5,25 \text{ руб}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБ}} = 47,65 + 15,88 = 63,53 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПР}} = 15,77 + 5,25 = 21,02 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 174,51 + 290,93 + 87,28 + 70,14 + 63,53 = 686,39 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55,44 + 96,31 + 28,89 + 96,69 + 21,02 = 298,35 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 686,39 + 1,72 \cdot 259,76 = 686,39 + 446,79 = 1133,18 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 298,35 + 1,72 \cdot 85,99 = 298,35 + 147,90 = 446,25 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

Таблица 4.2 – Калькуляция заводской себестоимости сварки

Показатели	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Затраты на материалы	М	174,51	55,44
Фонд заработной платы	ФЗП	290,93	96,31
Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	87,28	28,89
Затраты на оборудование	Зоб	70,14	96,69
Затраты на площади	Зпл	63,53	21,02
Себестоимость технологич.	Стех	686,39	298,35
Расходы цеховые	Рцех	446,79	147,90
Себестоимость цеховая	Сцех	1133,18	446,25
Расходы заводские	Рзав	511,73	169,40
Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	1644,91	615,65

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{ЗАВБаз.} = 1133,18 + 1,97 \cdot 259,76 = 1133,18 + 511,73 = 1644,91 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 446,25 + 1,97 \cdot 85,99 = 446,25 + 169,40 = 615,65 \text{ руб.}$$

4.5 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

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

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования; $Ц_{ОБ.Б.}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы; n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

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

где $Ц_{ПЕРВ.}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии; $T_{СЛ}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений; N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 54500 \text{ рублей}$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 54500 \cdot 0,34 = 18530 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{ОБЩПР} = K_{ОБПР} + K_{ПЛПР} + K_{СОПР} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБПР}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование; $K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади; $K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 2200000 \cdot 1,05 \cdot 0,11 = 254100 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии; $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 100000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 2200000 \cdot 0,05 = 110000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 5000 + 110000 = 115000 \text{ руб.}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 254100 + 115000 = 369100 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}. \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{доп}} = 369100 - 18530 = 350570 \text{ руб.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,45 - 0,48}{1,45} \cdot 100\% = 69\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$P_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$P_T = \frac{100 \cdot 69}{100 - 69} = 222\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{686,39 - 298,35}{686,39} \cdot 100\% = 58\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (1644,91 - 615,65) \cdot 1000 = 1029260 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{350570}{1029260} = 0,34$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 1029260 - 0,33 \cdot 350570 = 913572 \text{ руб}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать внедрение предлагаемых решений в производство.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 69 %, увеличить производительность труда на 222 %, уменьшить технологическую себестоимость на 58 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 1,03 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 0,91 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,34 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает ручную дуговую сварку медно-никелевыми электродами. Недостатками базовой технологии являются: низкая производительность; малая прочность наплавленного металла; трещины и поры наплавленного металла; требуется высокая квалификация сварщика.

На основании обзора состояния вопроса были сформулированы способы, которыми возможна ремонтная сварка чугунных отливок: газовая сварка чугуна; газопорошковая наплавка; сварка неплавящимся электродом; сварка штучным электродом; механизированная сварка проволоками сплошного сечения; механизированная сварка порошковыми проволоками.

Проектная технология ремонтной сварки с использованием механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками предусматривает выполнение следующих операций: 1) подготовка под ремонтную сварку; 2) предварительный подогрев; 3) ремонтная сварка; 4) зачистка; 5) контроль качества.

Применение этой технологии позволит снизить трудоемкость сварки и улучшить качество сварки за счет снижения человеческого фактора и оптимизации протекающих металлургических процессов.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,91 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стеренбоген, Ю. А. Сварка и наплавка чугуна / Ю. А. Стеренбоген, В. Ф. Хорунов, Ю. А. Грецкий. – Киев: Наук. думка, 1966. – 215 с.
2. Иванов, Б. Г. Сварка и резка чугуна / Б. Г. Иванов, Ю. И. Журавицкий, В. И. Левченков. – М.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
3. Cottrell C. L. M. Welding cast irons / C. L. M. Cottrell. – Abington, Cambridge: The Welding Inst., 1985. – 22 p.
4. American Welding Society: welding of cast iron / A selection of papers. – Miami, Florida: AWS, 1985. – 358 p.
5. Богачев, И. Н. Металлография чугуна / И. Н. Богачев. – Свердловск: Metallurgizdat, 1962. – 392 с.
6. Гиршович, Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках / Н. Г. Гиршович. – М.; Л.: Машиностроение, 1966. – 562 с.
7. Бунин, К. П. Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М.: Metallurgiya, 1969. – 416 с.
8. Грабин, В. Ф. Металлография сварных соединений чугуна / В. Ф. Грабин, Ю. Я. Грецкий, Г. М. Крошина [и др.] – Киев: Наук. думка, 1987. – 192 с.
9. Грецкий, Ю.Я. Основные аспекты свариваемости конструкционных чугунов / Ю.Я. Грецкий // Автоматическая сварка. – 2006. – № 9. – С. 12–21.
10. Тюрин, Ю.Н. Влияние низкочастотных резонансных колебаний на структуру и трещиностойкость наплавленного высокохромистого чугуна / Ю.Н. Тюрин, Ю.М. Кусков, Л.И. Маркашова [и др.] // Автоматическая сварка. – 2001. – № 2. – С. 31–35
11. Кривчиков, С.Ю. Модифицирование бором наплавленного металла типа белого чугуна / С.Ю. Кривчиков // Автоматическая сварка. – 2012. – № 6. – С. 28–31.
12. А.с. 1496972 СССР. Порошковая проволока для сварки чугуна

13. Метлицкий, В.А. Технологические основы сварки чугуна в производстве литосварных конструкций : автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук / В. А. Метлицкий ; Киев: Институт электросварки им. Е.О. Патона, 2001.

14. Патент 95122146 РФ, МПК В 23 К 9/22. Способ сварки изделий из чугуна.

15. Патент 96118313 РФ, МПК В 23 К 9/22. Способ сварки изделий из чугуна.

16. Патент 93057479 РФ, МПК В 23 К 9/22. Способ изготовления сварных изделий из высокопрочного чугуна.

17. Патент 2064383 РФ, МПК В 23 К 9/22. Способ изготовления сварных изделий из высокопрочного чугуна.

18. А.с. 1181830 СССР, МКИ В 23 К 28/00. Способ электродуговой сварки чугуна.

19. Патент 2098248 РФ, МКИ В 23 К 9/23. Способ низкотемпературной сварки чугуна.

20. А.с. 1811458 СССР, МКИ В 23 К 9/14. Способ электродуговой сварки чугуна.

21. Патент 94031247 РФ. Способ электродуговой сварки чугуна. - В23К9/14, 1997

22. Патент 2177861 РФ. Способ сварки изделий из чугуна с шаровидным графитом. - В23К9/16, В23К9/23, 2000

23. А.с. № 1412896 СССР, МКИ В 23 К 9/04, В 23 К 9/14. Способ механизированной холодной электродуговой сварки чугуна.

24. Патент 2400343 РФ. Способ ремонта механизированной сваркой чугуновых деталей с трещинами. - В23К9/16, 2009

25. Метлицкий, В.А. Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна / В.А. Метлицкий // Сварочное производство. – 2007. – № 11

26 Cottrell C. L. M. Welding cast irons / C. L. M. Cottrell. – Abington, Cambridge: The Welding Inst., 1985. – 22 p.

27. American Welding Society: welding of cast iron / A selection of papers. – Miami, Florida: AWS, 1985. – 358 p.

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

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

30. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. 145 с.

31. Types of resistance welding defects to look out for in wire baskets. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marlinwire.com/blog/resistance-welding-defects-to-look-out-for-in-wire-baskets> (дата обращения: 17.05.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация на изделие

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
				<u>Документация</u>			
			19.БР.СОМДиРП.179.00.000СБ	Сборочный чертеж			
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	19.БР.СОМДиРП.179.00.001	Обод	1		
				<u>Детали</u>			
		2	19.БР.СОМДиРП.179.00.002	Вал	1		
		3	19.БР.СОМДиРП.179.00.003	Корпус	2		
		4	19.БР.СОМДиРП.179.00.004	Крышка сквозная	1		
		5	19.БР.СОМДиРП.179.00.005	Крышка глухая	2		
		6	19.БР.СОМДиРП.179.00.006	Втулка	2		
		7	19.БР.СОМДиРП.179.00.007	Втулка	2		
		8	19.БР.СОМДиРП.179.00.008	Отражатель	2		
		9	19.БР.СОМДиРП.179.00.009	Колесо зубчатое	1		
		10	19.БР.СОМДиРП.179.00.010	Кожух	1		
				<u>Стандартные изделия</u>			
				Болты ГОСТ 7798-79			
		11		M8-8g×55.88.019	6		
		12		M8-8g×30.88.019	6		
			19.БР.СОМДиРП.179.00.000СБ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Валок в сборе		
Разработ.	Дурнев						
Проверил	Краснопевцев						
Н. контр.	Егоров						
Утв.	Ельцов				Лит.	Лист	Листов
							1
					ТГУ, Ин. Маш., гр. МСП-1502		

