

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 «Оборудование и технология дуговой сварки чугуна»

Обучающийся	А.С. Ефремова (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Д.И. Плахотный (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
Консультанты	к.э.н., доцент О.М. Сярдова (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
	к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

Аннотация

Наименование данной Дипломной работы звучит как «Оборудование и технология дуговой сварки чугуна». В ВКР входит пояснительная записка, заключающая в себе 61 страницу, введение, три главы и заключение, а также из 12 рисунков и 4 таблицы, так же имеются чертежи формата А3.

Основная цель работы

В первой главе приведены различные виды чугунов и их особенности, которые делают их уникальными для применения в промышленности. Чугун как сплав железа с углеродом преобладает высокой прочностью и хорошими литейными свойствами, делая его подходящим при изготовлении сложных деталей.

Во второй главе рассматриваются методы и оборудование при сварке чугуна, различные технологии, которые применяются при сварке чугуна. Осуществлён анализ на основании этих методов.

Третья глава посвящена вопросам безопасности труда при перевыполнении сварочных работ. В этой части рассмотрены меры предосторожности, которые нужно соблюдать для минимизирования рисков для здоровья. Также тут затрагивается экономическая эффективность применяемых технологий (включая в себя анализ затрат на оборудование, материалы и т.д.).

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Теоретические особенности сварки чугуна	5
1.2 Виды и классификация чугунов	8
1.3 Сведения о конструкции и материале	13
Глава 2. Технологии сварки чугуна.....	17
2.1 Анализ способов сварки, материалов, оборудования	17
2.2 Анализ базовой технология сварки	28
2.3 Проектная технология сварки.....	31
Глава 3. Экономические и безопасные факторы при сварке	35
3.1 Безопасность жизнедеятельности.....	35
3.2 Экономика	46
Заключение	61
Список используемой литературы и используемых источников	63

Введение

Машиностроительная промышленность представляет одну из фундаментальных отраслей, от результатов которой напрямую зависит научно-технический прогресс для развития нашей страны.

Чугун широко используют в качестве материала для производства самых различных изделий, деталей от автомобилестроения до машиностроения. Продукция из чугуна производится путём литья. Долговечность, практичность и износостойкость изделий привели к тому, что изделия играют важнейшую роль, делая их незаменимыми в современном производстве.

Сварка чугуна – это один из ключевых процессов, обеспечивающий соединение чугунных деталей, обладающих высокой прочностью. Ее применяют для восстановления вышедших из строя изделий в процессе эксплуатации.

Одной из главных задач в машиностроении – это непрерывное повышение качества современного оборудования и совершенствование имеющихся технологий на предприятиях для оптимизации производства.

В данной выпускной квалификационной работе подробно рассмотрим трудности и проблемы, возникающие в процессе сварки чугуна, изучим виды, а также подробно рассмотрим классификацию чугуна, подберем сварочное оборудование и материалы для сварки, рассмотрим применяемые в наше время технологии по сварке чугуна.

Предложим реализовать существующие способы и методы получения неразъемных соединений для выполнения цели работы.

Разработаем методику безопасного выполнения ремонтных работ, а также рассчитаем экономическую эффективность от применяемого решения.

Глава 1 Теоретические особенности сварки чугуна

Проблемы сварки чугуна

Чугун – это сплав железа с углеродом, который содержит углерод в количестве от 2,14. По сравнению со сталями, чугун имеет более высокую твердость за счет более высокой доли углерода, а значит, и соответственно более высокую хрупкость. Сваривать чугун сложнее, чем высокоуглеродистую сталь. Большое содержание углерода усложняет процесс сварки деталей из чугуна друг с другом, и с другими сталями.

При сварке с несоблюдением технологии или низкоквалифицированным специалистом могут появляться дефекты, показанные на рисунке 1.

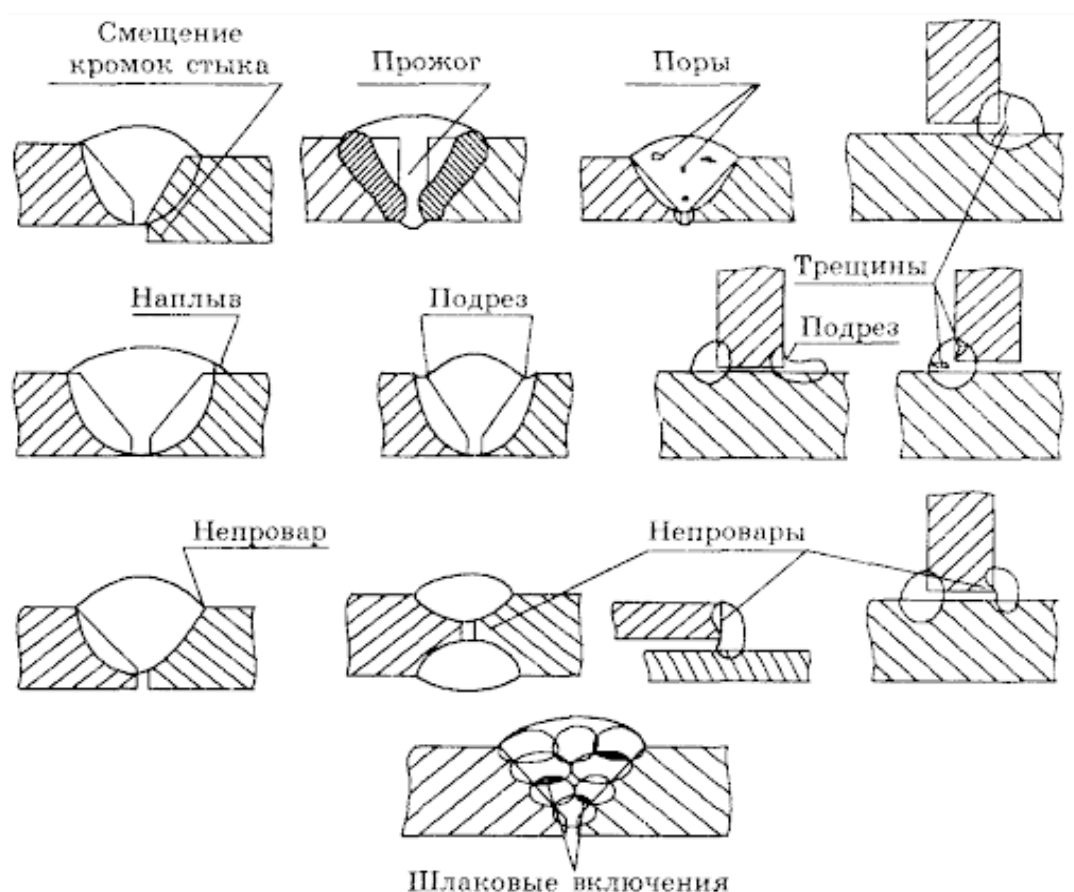


Рисунок 1 – Виды дефектов сварочных швов

Одним из показанных дефектов на рисунках 1 и 2 являются поры. В процессе сварки при выгорании углерода появляются газ (CO), который может стать причиной пор, также они возникают при наличии загрязнений на свариваемых друг с другом поверхностях.

Также частым дефектом, показанном на рисунке 2 является непровар. В процессе сварки происходит выгорания Si (кремний), что способствует образованию оксида и ухудшению свариваемости.

При сварке из материала активно выгорает кремний. На его месте образуется оксид кремния с повышенной температурой плавления (выше, чем у чугуна), что затрудняет свариваемость. Непровар, показанный на рисунке 2 представляет собой не сплавление участков между чугуном и наплавленным материалом.



Рисунок 2 – Непровар

Одним из наиболее опасных дефектов, показан на рисунке 3 являются трещины. Они возникают при остывании сварного шва. Данный дефект возникает по мере остывании чугуна. При быстром снижении температуры металл становится более хрупким, что приводит к образованию трещин.

Помимо этого, значительные внутренние напряжения, вызванные процессом сварки, могут привести к перекосам конструкции, а ввиду того, что

чугун в отличие от стали обладает большей хрупкостью и меньшей пластичностью сварной шов трескается. Также трещины могут возникнуть при попытке выправить свариваемые детали.



Рисунок 3 – Трещины

Дефектами чугунных отливок считаются : газовые поры , раковины ; шлаковые включения; усадочные раковины; поры; трещины и тд. Представленные на рисунке 4.

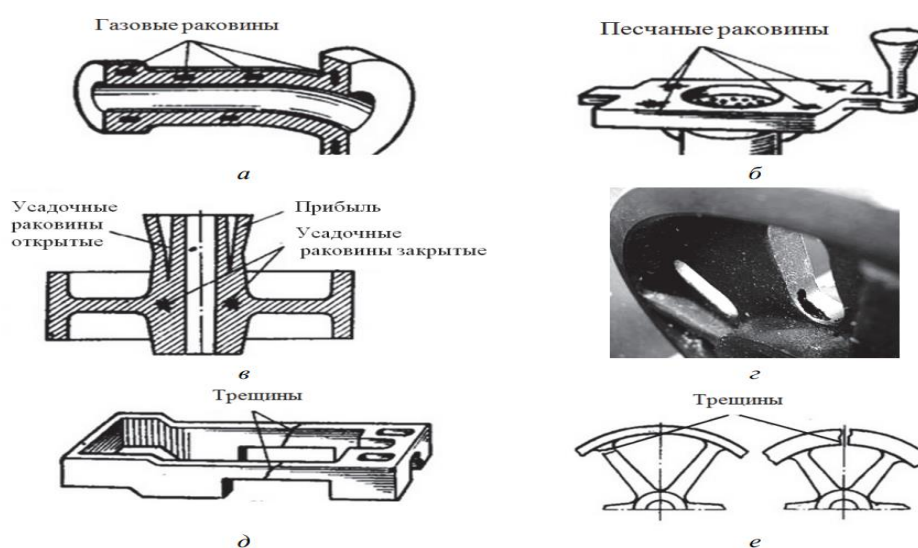


Рисунок 4 - Дефекты чугунных отливок

Дефекты отливок представляют проблему в литейном производстве, влияющую на качество продукции и ее эксплуатацию. Классификация дефектов, основывается на возможности их исправления, ее разделяют на две основные группы. Первая группа дефектов объединяет ремонт который технологически невозможен или экономически не выгоден. К таким дефектам относятся крупные трещины, проникающие глубоко в структуру металла, глубокие усадочные раковины. Ремонт таких дефектов приводит к большим затратам времени и ресурсов, а результат может быть ненадёжным и снизить прочность изделия, проще отбраковать деталь чем пытаться ее восстановить. Во второй группе дефекты меньшего размера, которые поддаются ремонту. Такие как мелкие раковины, трещины. Ремонт осуществляется методом сварки или заварки дефектов. Выбор метода ремонта зависит от типа дефекта, его расположения, размера, и от требований, предъявляемых к детали в процессе эксплуатации. [15]

1.2 Виды и классификация чугунов

«Чугун – это сплав железа с углеродом где углерода от 2,14 %. Также в составе чугуна имеются постоянные элементы такие как: марганец, кремний, в некоторых видах чугуна – легирующие добавки, улучшающие свойства. А также вредные примеси: сера, фосфор.

Данный сплав применяется для производства узлов машин, и деталей станков, труб, механизмов, сантехники, отопительных приборов и других технических и бытовых изделий.

Классификация чугунов

Различают сплавы по назначению, содержанию и состоянию углерода, структуры графитовых включений:

- белый,»[4]
- серый,
- ковкий,

- высокопрочный.

Белый чугун

«Белый чугун обладает отличными характеристиками, обусловленными высоким содержанием углерода, который обычно превышает 2,14%, превышая пределы растворимости в аустените. Такое обилие углерода, присутствующего в виде графита или цементита, придает сплаву уникальные свойства. Главным из этих свойств является твердость. Белый чугун обладает исключительной твердостью, что делает его хорошо подходящим для применения в областях, требующих устойчивости к износу и истиранию. Однако эта твердость достигается за счет пластичности и вязкости, что делает белый чугун менее прощающим при ударах и нагрузках, по сравнению со стальными аналогами.

Содержание углерода в белом чугуне, также влияет на его микроструктуру и поведение при разрушении. В отличие от других видов чугуна, таких как серый или ковкий чугун, белый чугун имеет преимущественно белую поверхность излома, отсюда и его название. Такая»[17] «поверхность излома свидетельствует о наличии цементита, что приводит к хрупкой структуре материала.» [18]

Сплав отличается следующими характеристиками:

- высокая износостойкость,
- высокая твердость и удельная стойкость,
- хорошие литейные характеристики и минимальное тепловое сопротивление,
- низкая усадка.

«Белый чугун чаще всего не используют в производстве. Основная область применения данных сплавов – передел в другие марки чугуна.

Но при этом белый чугун используют для»[17] «производства деталей двигателей, таких как гильзы цилиндров, поршневые кольца и седла клапанов кроме того белый чугун используется для изготовления судовых гребных винтов, корпусов насосов и шестерен. Белый чугун не поддается сварке из-за

отсутствия достаточной пластичности,»[4] которая требуется при сварке для компенсации тепловых напряжений в основном металле. Все виды чугуна, за исключением белого чугуна, считаются свариваемыми.

Серый чугун

В сером чугуне доля углерода составляет 2,4- 3,8%. Серый чугун выделяется наличием графитовых включений в составе металлического сплава, которые при остывании образуют пластинки, придающие материалу вид пористой структуры, это делает его удивительно хрупким. Не смотря на хрупкость, литейные свойства серого чугуна остаются на высоком уровне, что делает его востребованным в машиностроении. Добавление кремния делает серый чугун прочнее. Механические свойства серых чугунов зависят от свойств металлической основы и в основном, от количества, формы и размеров графитных включений. Серый чугун отличается не высокой температурой отвердения и жидкотекучестью и не склонен к образованию раковин, что является ценным качеством при производстве очень тяжелых деталей. А его превосходные демпфирующие и теплофизические свойства не заменимы в автомобильной промышленности при производстве тормозных систем.

На долю серого чугуна приходится около 80% общего производства чугунных отливок

«Сплав имеет следующие свойства:

- хорошие износостойкие свойства,
- высокая прочность на сжатие,
- небольшая усадка и хорошая текучесть в жидком состоянии.

Серый чугун более пластичный, намного лучше поддается резке и сварке чем белый. Серый чугун весьма склонен к образованию трещин при сварке. Узлы, конструкции и детали широко применяют в машиностроении, строительстве и других отраслях. Сплав используется для изготовления станин и шкафов машин, труб и поршневых чугунных групп.

Ковкий чугун

В основе ковкого чугуна,»[18] как, впрочем, и в серого, лежит стальная основа с добавлением углерода в виде графита. Однако в случае с ковким вариантом графит представлен в хлопьеобразной форме, что позволяет добиться большей вязкости и пластичности материала. Ковкий чугун демонстрирует отличные показатели сопротивления к разрушению от физической нагрузки, а также устойчивость к механическим и термическим ударам, на много превышающую устойчивость серого чугуна. Коррозионная стойкость ковкого чугуна равна или превосходит показатели серого чугуна и литой стали во многих коррозионных средах.Его износостойкость сопоставима с характеристиками некоторых из лучших сортов стали и превосходит показатели серого чугуна в условиях высоких или ударных нагрузок.

Ковкий чугун отличает:

- значительная прочность и твердость,
- возможность обработки резаньем,
- способность гасить вибрацию.

«Прочность и ударная вязкость ковкого чугуна позволяет широко использовать его при производстве. Область применения – производство деталей и узлов насосов, передаточных механизмов, ручного инструмента, коленчатые валы автомобилей и другого оборудования, работающие при значительных статических и динамических нагрузках.

Высокопрочный чугун

Основной особенностью сплава являются изолированные графитовые включения шарообразной формы. Высокопрочный чугун»[17] «с шаровидным графитом получают модифицированием серого чугуна щелочноземельными элементами. Чаще для этого используют магний вводя его в жидкий расплав. Под действием магния графит кристаллизуется в шаровидной форме. Шаровидные включения графита в металлической матрице не являются такими сильными концентраторами напряжения как пластинки графита в

сером чугуна. Чугуны с шаровидным графитом имеют более высокие механические свойства, не уступающие литой углеродистой, стали»[6].

Таким образом, железная основа чугуна данного типа является сплошной, что сказывается на его характеристиках. Этот сплав демонстрирует более высокие показатели по сравнению с другими видами:

- прочность на изгиб и растяжение,
- относительное удлинение,
- ударная вязкость.

«Материал относительно легко поддается механической обработке, отлично заполняет форму и менее подвержен образованию трещин. Сплав сохраняет все достоинства чугуна: высокую твердость, стойкость к износу и прочность на усталость.»

Высокопрочный чугун используется для производства коленчатых валов в передаточных механизмах, валков для прокатных станов, а также в двигателях и других устройствах, узлах и компонентах.

Специальные чугуны

«К данному типу чугунов относятся сплавы с выраженными свойствами. Сплавы подвергают температурной обработке, которая формируют нужную микроструктуру, вводят в состав легирующие добавки, улучшающие те или иные характеристики.

Различают следующие виды специальных чугунов:

- жаропрочные,
- жаростойкие,
- износостойкие,
- антифрикционные.

Также производят электротехнические, немагнитные и другие типы специальных чугунов. Свойства марок сплавов значительно различаются»[6] в зависимости от их назначения. «Чугуны применяют при изготовлении деталей, технических изделий, работающих в тяжелых условиях.

Легирующие добавки

Для улучшения свойств сплава в него добавляют другие металлы. Такие добавки называют легирующими.

Для получения необходимых характеристик применяют:

Кремний. Элемент содержится в любом виде чугуна. Свойства проявляются при содержании кремния от 5%. Добавка 5-7% придает сплаву жаростойкость. Чугун с 12-18% не разрушается под воздействием кислот, кроме соляной и щелочей.

Марганец. Изменение свойств наблюдается при его содержании $> 2\%$. Марганец повышает растворимость углерода в чугуне, что увеличивает жаропрочность, металл также придает чугуну стойкость к разрушению под воздействием химически агрессивных веществ.

Молибден. Металл повышает прочность и твердость без потери ударной вязкости способности к обработке. Также элемент замедляет окисление железа.

Хром. Металл увеличивает жаропрочность и жаростойкость.»[18]

«Никель. Элемент повышает жаростойкость, прочность, устойчивость к морской воде.

В качестве легирующих элементов используют также алюминий, медь и другие химические элементы. Благодаря применению добавок можно получить различные виды чугунов с заданными характеристиками.

В производстве узлов, технических изделий и деталей широко применяют сплавы чугуна с алюминием. Такие материалы существенно отличаются от легированных чугунов % содержанием добавок. У сплавов оно составляет от 20%.»[17]

1.3 Сведения о конструкции и материале

Литье – один из основных способов получения заготовок деталей, в том числе и корпусных. Чугунные отливки часто используются для создания корпусов редукторов, которые затем подвергаются механической обработке для достижения необходимой точности размеров и качества поверхности

На рисунке 5, представленном ниже показан типовой корпус редуктора, изготовленный методом литья из чугуна.

Корпус редуктора – это, по сути, несущая конструкция, которая объединяет все внутренние механизмы в единое целое. Его функциональное назначение выходит далеко за пределы простой оболочки: он обеспечивает жёсткость конструкции, защищает внутренние механизмы от внешних воздействий (пыли, влаги), а также участвует в системе смазки.

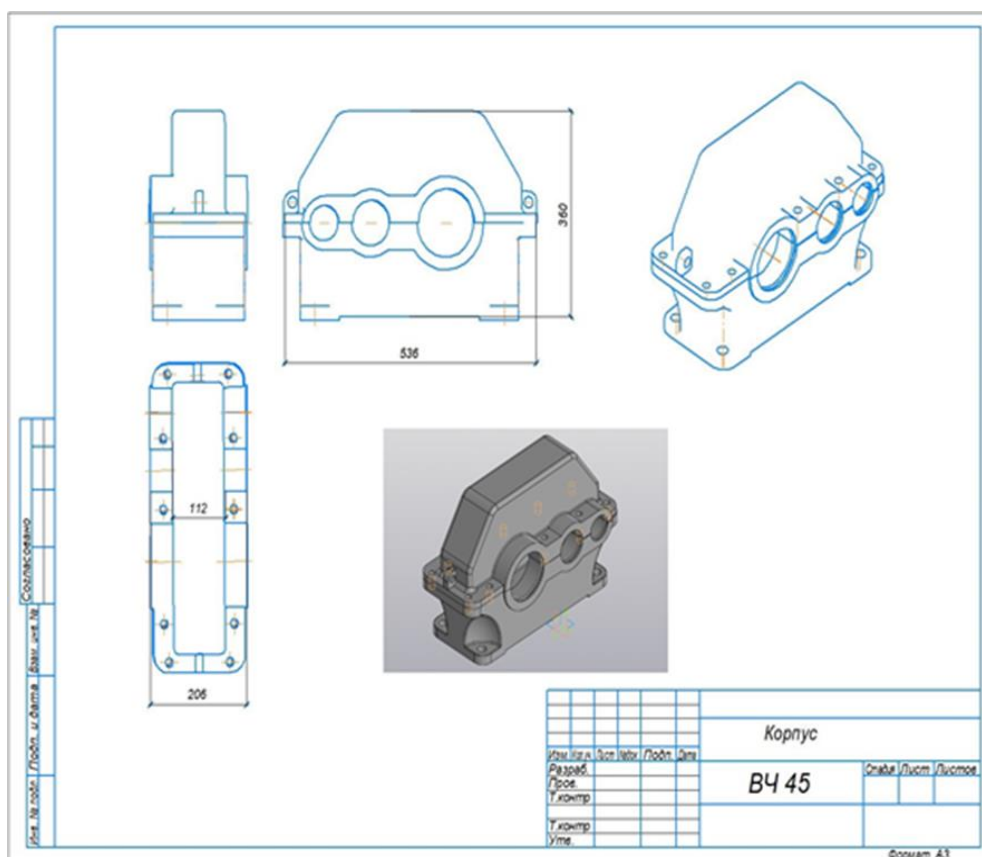


Рисунок 5- Корпус редуктора

Существуют два основных типа корпусов редукторов: разъёмные и неразъёмные.

Разъёмные корпуса состоят из двух основных частей: картера (нижняя часть, часто массивнее) и крышки картера (верхняя часть). Картер обычно

крепится к основанию машины, обеспечивая надёжную опору для всего редуктора.

Разъёмная конструкция удобна для обслуживания и ремонта, так как позволяет получить доступ ко всем внутренним компонентам без разборки всего механизма. Неразъёмные корпуса, как правило, применяются в более компактных и лёгких редукторах, часто червячных. Доступ к внутренним механизмам в них осуществляется через съёмные крышки, иногда расположенные в нескольких местах.

Выбор типа корпуса зависит от ряда факторов, включая размер и тип редуктора, требуемый уровень защиты от внешних воздействий, а также особенности обслуживания и ремонта. Габаритные размеры корпуса редуктора определяются не только типом редуктора (например, планетарный, цилиндрический, червячный), но и количеством, размерами и взаимным расположением внутренних деталей: зубчатых колёс, валов, подшипников.

В большинстве случаев корпуса имеют сложную коробчатую конструкцию, часто с ребрами жесткости для повышения прочности и снижения веса. Корпусные детали редукторов подвергаются значительным нагрузкам, поэтому к ним предъявляются высокие требования по прочности, жёсткости, износостойкости и долговечности. Материал корпуса должен обеспечивать сопротивление усталостному разрушению, износу и коррозии. Чугун марки ВЧ45, упомянутый в исходном тексте, является распространённым материалом для изготовления корпусов редукторов благодаря своей прочности, литейным свойствам и относительно невысокой стоимости. Химический состав ВЧ45 включает в себя железо (основа), углерод (до 3,5%), кремний (до 2,5%), марганец, фосфор и серу (в небольших количествах). Точный химический состав варьируется в зависимости от производителя и конкретных требований к свойствам материала. Ремонт корпуса двухступенчатого редуктора из ВЧ45, описанный в исходном тексте, может включать в себя исправление повреждённых участков сваркой (с последующей механической обработкой), установку ремонтных вставок, или

же, в случае значительных повреждений, полную замену корпуса. Выбор метода ремонта зависит от характера и степени повреждения, а также от экономической целесообразности.

Вывод

Данная работа направлена на поиск путей улучшения качества и эффективности при ремонте сварных чугунных деталей. В введении обозначена основная задача – увеличение производительности. В ходе анализа стартовых данных был осуществлён обзор условий эксплуатации стандартного изделия – Корпуса, а также проведено исследование характеристик материала, из которого он выполнен – чугуна ВЧ45.

В главе приведены различные виды чугунов и их особенности, которые делают их уникальными для применения в промышленности. Чугун как сплав железа с углеродом преобладает высокой прочностью и хорошими литейными свойствами, делая его подходящим при изготовлении сложных деталей.

В процессе работы были рассмотрены основные трудности и проблемы, всплывающие при сварке чугуна. Сварка чугуна — это сложный процесс, поскольку материал имеет низкую пластичность и склонен к образованию трещин.

Кроме того, были изучены виды и классификации чугуна, что позволила понять его механические свойства и поведение при сварке.

Глава 2. Технологии сварки чугуна

2.1 Анализ способов сварки , материалов, оборудования

В данной работе проведён тщательный анализ различных технологий сварки, направленных на повышение эффективности. Все перечисленные методы сварки отличаются по своим характеристикам и применяемому оборудованию. Они могут использоваться с различными типами чугуновых и порошковых материалов, а также с съёмными температурными поясами при определённых условиях. Основным критерием для достижения высокого качества сварного шва является обеспечение прочности соединения с основным металлом, что позволяет избежать трещин и достичь теоретически обоснованных показателей прочности.

Сварка чугуна представляет собой сложный технологический процесс, требующий особого подхода и защиты от выгорания. Чугун, будучи хрупким материалом, склонен к образованию трещин и пор в сварном шве из-за структурных изменений, возникающих при нагреве и охлаждении. Поэтому для получения качественных сварных соединений необходимо тщательно подбирать способ сварки, а также использовать соответствующие присадочные материалы и режимы работы.

Газовая сварка стала популярной для исправления дефектов в чугунных отливках благодаря своей уникальности и доступности. Схема газовой сварки показана на рисунке 6.

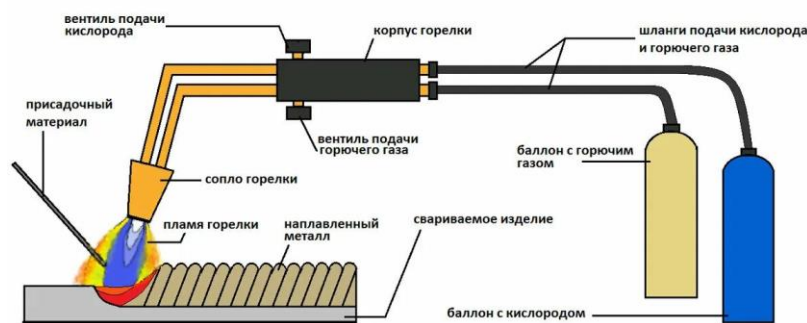


Рисунок 6-Схема газовой сварки

«Процесс нагрева и оплавления металла происходит под действием высокой температуры, образующейся в процессе сгорания смеси кислорода с пропаном, ацетиленом и другим горючим газом. » [9]

«Суть газовой сварки заключается в расплавлении кромок соединяемых деталей и присадочного прутка открытым пламенем. Горящий факел не только плавит металл, но и вытесняет воздух из сварочной ванны, эффективно защищая ее от окисления и контакта с окружающей средой.»[9]

Газовая сварка чугуна считается одним из самых надежных методов, позволяющих получать наплавленный металл, свойства которого близки к свойствам основного металла. Это связано с тем, что при газовой сварке происходит более продолжительный и равномерный процесс нагрева и охлаждения детали. В результате создаются оптимальные условия для графитизации углерода в наплавленном металле, что снижает вероятность образования зон отбеленного чугуна вблизи шва. Кроме того, уменьшаются внутренние напряжения в свариваемом изделии, что снижает риск возникновения трещин.

К преимуществу данного метода можно отнести возможность настройки оборудования и непосредственное управление тепловым потоком, что обеспечивает сварщику точно регулировать температуру, вложенную «в основной металл и присадочный прутки». При ремонте крупных деталей, где

необходимо высокая точность и контроль над процессом сварки можно использовать несколько горелок одновременно для расширения возможности сварки.»[17]

«Для сварки чугуна применяют обычные серийно выпускаемые сварочные горелки, работающие на ацетиленовом пламени или пропан-бутановом. Учитывая большие объемы наплавленного металла, для сварки чугуна рекомендуется горелки «Факел», «Норд» и другие с наконечниками № 3-5.»[9]

Для газовой сварки используются горелки можелей ГЗУ-3, ГЗУ-5.

В качестве материала применяются чугунные стержни марок А и Б (согласно ТУ 2-043-1193-87), обладающие повышенной концентрацией кремния. Это обеспечивает процесс графитизации углерода, предотвращает отбеливание чугуна и способствует формированию ферритной структуры в наплавленном металле.

Для достижения более компактной перлитной структуры в наплавленном металле применяются стержни из низколегированного чугуна.

В процессе газовой сварки чугуна необходимо использовать флюсы, которые защищают кромки от окисления и содействуют удалению оксидов и неметаллических включений из расплавленного металла

Флюсы обеспечивают хорошее качество шва и требуемые механические свойства. Существует большое количество разновидностей флюсов, которые предназначены для определенных условий.

Для устранения отбеливания наплавленного металла сварку чугуна чугунными присадочными материалами рекомендуется выполнять с предварительным подогревом изделия до 600-650°C. [10]

«Газовая сварка имеет ряд преимуществ:

Во-первых, она позволяет минимизировать уровень остаточных напряжений в детали, это снижает риск деформаций и колебаний.

Во-вторых, для высокой точности размеров и внешнего вида, после сварки можно проводить механическую обработку .

Так же сварка позволяет исправлять дефекты на сложных и тонкостенных деталях»

Несмотря на преимущества газовая сварка имеет и недостатки:

- низкая производительность (критично в условии серийного производства),
- предварительный подогрев (увеличивает время ремонта и ухудшает условия труда сварщика),
- трудность заварки больших дефектов (требуется высокая квалификации и опыт).

В дополнении к газовой сварке, существует другой метод газопорошковая наплавка. В этом случае используется порошок в качестве присадочного материала.

Процесс начинается с предварительного нагрева до температуры «300-400°С с применением газового пламени.»[8]

«При наплавке сначала напыляется на дефектную поверхность слой порошка, который затем оплавляется. Напыляется новый слой, который также оплавляется. В результате диффузионных процессов между расплавленным порошкообразным сплавом и поверхностными слоями основного металла образуется неразъемное соединение. Основной металл при этом не претерпевает структурных изменений. Выбор между газовой и газопорошковой наплавкой» [1] зависит от конкретных условий и требований. Оба метода имеют свои особенности и могут быть использованы в зависимости типа, характера повреждений и эксплуатаций. Схема сварки порошковой проволокой указана на рисунке 7.

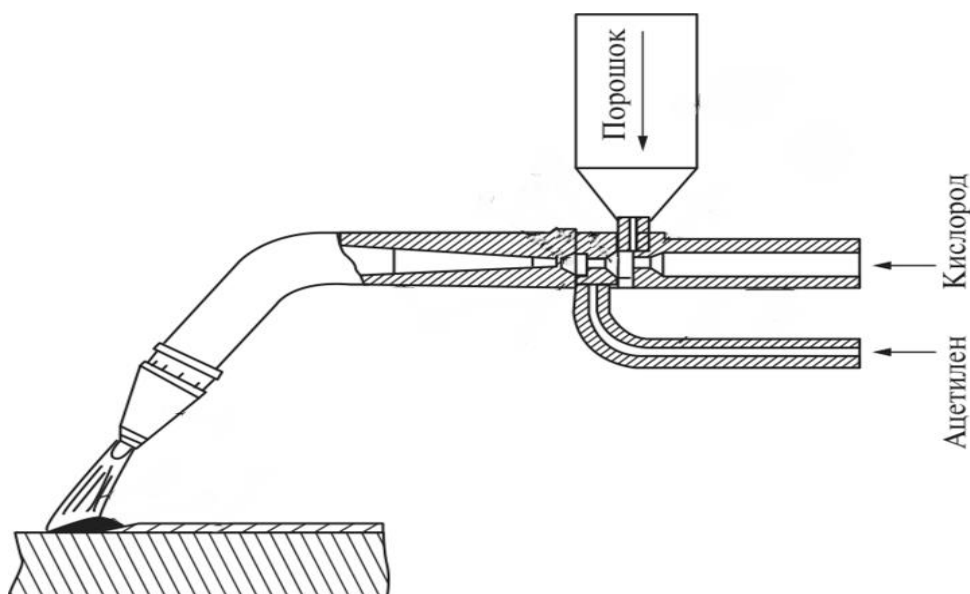


Рисунок 7 - Схема сварки порошковой проволокой

Преимущества газопорошковой наплавки включают в себя:

- отсутствие изменений в структуре основного материала (что критически важно для повышения долговечности и надежности изделия),
- возможность выполнения процесса в любом пространственном положении (что открывает широкие перспективы для работы с сложными деталями).
- отсутствие колебаний (способствует повышению точности к соблюдению размеров).

Недостатки :

- низкая производительность (ограничение при массовом производстве),
- сложность заварки больших дефектов (требуется больше затраты времени и ресурсов).

Для порошковой наплавки ВНИИавтогенмашем разработаны горелки типов ГНЗ, ГН4 и ГН5. Предложены и выпускаются порошковые сплавы на «никелевой основе, легированные бором и кремнием, обладающие самофлюсующими свойствами, имеющими низкую температуру плавления и цвет близкий к цвету чугуна.»[18]

Сварка с использованием неплавящегося электрода — это еще один способ, применяемый для ремонта и восстановления размеров чугунных деталей. Схема сварки с использованием графитового электрода в инертной газовой среде представлена на рисунке 8.

Сварка в защищенной среде аргона представляет собой достаточно сложный технологический процесс. Для аргонодуговой сварки применяются автоматические и полуавтоматические сварочные аппараты, которые подают инертный газ аргон в зону сварки. При сварке чугуна используются вольфрамовые электроды. Для повышения пластичности сварного шва добавляют никелевую присадку, а для увеличения твердости — медную. В случаях, когда необходимо достичь баланса между твердостью и пластичностью, применяют медно-никелевый припой.

Для сварки используют двухкомпонентную сварочную проволоку, представляющую собой металлическую трубку, внутри которой заложен флюс, необходимый для предотвращения выгорания углерода.

Этот способ имеет преимущества, а именно снижение зоны термического влияния на свариваемые материалы, так как в процессе сварки высокие температуры имеют возможность привести к деформации и ухудшению свойств металла. Сварка проводится исключительно на постоянном токе прямой полярности, для обеспечения стабильности процесса и высоких показателей качества шва. Применение этого метода позволяет исправлять дефекты в высокопрочных чугунах, которые используются в машиностроении и производстве оборудования.

К преимуществам аргонодуговой сварки можно отнести:

- высокое качество сварного соединения (делая его идеальным для ответственных конструкций),
- внешний вид (тоже особо важное при создании детали),
- исправление дефектов на перспективных чугунах (продлевает срок эксплуатации и уменьшает затраты на замену деталей).

К недостаткам при сварке:

- низкая производительность (не подходящий для массового производства),
- требования к квалификации сварщика (для достижения качественной продукции, это необходимо),
- вероятность появления трещин (если не соблюдать режимы сварки).

Оборудование для сварки в инертных газах работает на аппаратах постоянного тока. Сварочные устройства для аргонодуговой сварки используют бесконтактный метод зажигания дуги между неплавящимся вольфрамовым электродом и металлом. Инертный газ подается через сопло горелки, формируя защитную атмосферу. Присадочный материал может вводиться в зону сварки как автоматически, так и вручную.

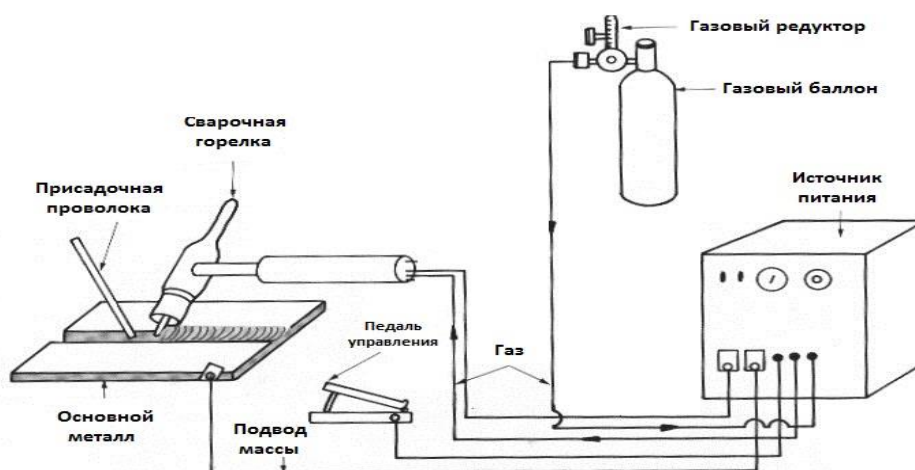


Рисунок 8 - Сварка неплавящимся электродом в среде инертного газа.

Ручная дуговая сварка часто используют при ремонте деталей из чугуна с применением специальных электродов, изготовленных именно для работы с ним. Они могут содержать специальные добавки для того чтоб улучшить свойства шва и снизить риск образования трещин. Схема ручной дуговой сварки представлена на рисунке 9.

В «процессе сварки вместе с электродом сгорает и часть углерода, находящегося в металле, что приводит к появлению пор. Пористость сварного шва негативно влияет на прочность соединения»[19] не смотря уже на определенные требования предъявляемые к качеству швов. Таким образом, «при сварке чугуна рекомендуется применять электроды, содержащие никель и медь. Наличие этих металлов в составе электрода обеспечивает ряд преимуществ.»[17]

«Никель смешивается с железом, но не образует карбидов и не меняет прочности металла. Шов с никелем в процессе сварки не закаляется и сохраняет свою мягкость и податливость при дальнейшей обработки.

Медь- этот металл не растворяется в железе и не образует соединений с углеродом. В результате получается более твердый шов, однако он будет неоднороден, представляя собой сочетание меди с углеродистым железом.

Цели и технологические особенности сварки и наплавки чугуна влияют на то, какие электроды наиболее целесообразны в конкретном случае.»[19]

Сварка чугуна разделяется в зависимости от температурного режима и наличие или отсутствие предварительного подогрева. Разделяется на горячий и холодный.

При сварке «горячим» способом детали необходимо нагреть до температуры до 600-700°, для лучшего сплавления материалов и уменьшения трещинообразования.

При холодном методе подогрев не нужен, но требуется большой опыт, для качественного выполнения работ.

«Рекомендуемые марки электродов для различных видов чугуна:

Ковкий чугун- ОЗЧ-2, ОЗЧ-6, МНЧ-2, ЦЧ-4

Серый чугун- ОЗЖН-1, ОЗЖН-2 ОЗЧ-4

Высокопрочный чугун- ОЗЖН, ОЗЧ-3, МНЧ-2»[19]

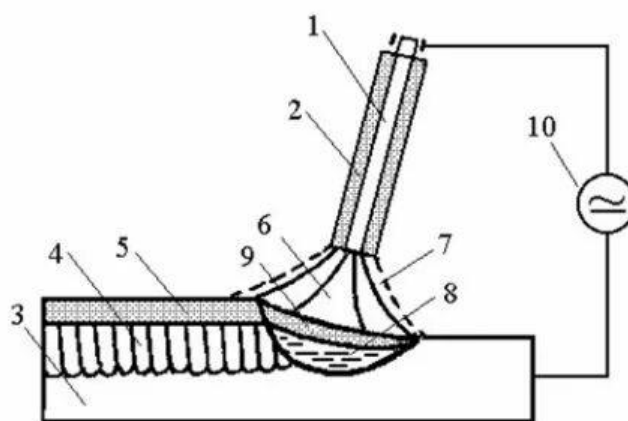


Схема ручной дуговой сварки:

1 – стержень электрода; 2 – покрытие электрода; 3 – основной металл;
 4 – сварной шов; 5 – твердая шлаковая корка; 6 – электрическая дуга;
 7 – газовая защитная атмосфера; 8 – жидкая металлическая ванна;
 9 – жидкая шлаковая ванна; 10 – источник тока

Рисунок 9- ручная дуговая сварка

Плюсы ручной дуговой сварки:

- доступность механической обработки,
- экономичные сварочные расходные материалы.

Минусы ручной дуговой сварки:

- высокая трудоёмкость,
- требуется высокая квалификация сварщика

Процесс требует использование сварочного оборудования, которое имеет возможность регулировать силу тока и напряжение. Параметры подбираются путем зависимости от типа электрода и толщины свариваемого. Для качественной сварки чугуна используются аппараты, работающие на однофазном(220В) и трёхфазном(380В) напряжении. Наименования брендов такие как Kemppi, EWMpico, Fubag. Устройства обладают высокой надёжностью и также обеспечивают стабильную работу при выполнении процесса. Диапазон сварочного тока от 20 до 500А.

Механизированная сварка чугунов уже давно применяется в процессе ремонта. Как известно, что «в институте электросварки имени Е.О. Патона основанный в январе 1934 года, были созданы присадочные проволоки (обеспечивающие высокое качество сварных соединений). проволоки отличаются по типу и применению. Схема указана ниже на рисунке 10.

- проволока сплошного сечения (позволяет улучшить качества шва и снизить вероятность образования дефектов),
- порошковая проволока (даёт возможность проводить сварку без использования защитного газа),
- электрод с порошковыми добавками (используется для устранения крупных недостатков).

Применение порошковой проволоки позволяет эффективно регулировать состав наплавленного металла и механизировать процесс сварки при высокой производительности.

«В состав проволок для сварки чугуна, помимо железа, добавляют определённое количество легирующих элементов, таких как «графит, углерод и кремний. Это позволяет получить наплавленный металл, который будет однородным с основным материалом. Необходимая форма графита достигается путём модификации сварочной ванны с использованием порошка, содержащегося в сварочной проволоке.»[16]

Для сварки чугуна применяются порошковые проволоки различных марок, таких как ПП-АНЧ-1, ГТП-АНЧ-2, ППЧ-9, ППСВ-7 и другие.

«Обычно сварка и наплавка чугуна с использованием порошковой проволоки осуществляется открытой дугой. В некоторых случаях, когда качество основного металла оставляет желать лучшего, целесообразно использовать дополнительную защиту углекислым газом. При сварке с высоким подогревом ванным методом газовая защита не применяется. Структура металлической основы, а также форма и размеры графитных включений в наплавленном чуге зависят от состава проволоки и условий охлаждения после сварки.»[16]

- 1 - Горелка
- 2 - Сопло
- 3 - Токоподводящий наконечник
- 4 - Электродная проволока
- 5 - Сварочная дуга
- 6 - Сварной шов
- 7 - Сварочная ванна
- 8 - Основной металл
- 9 - Капли электродного металла
- 10 - Газовая защита

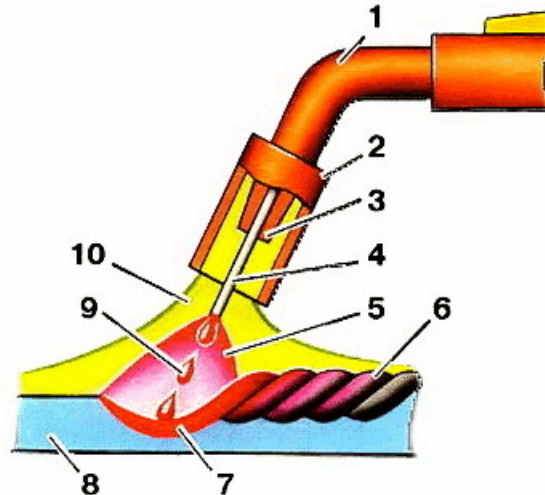


Рисунок 10- Схема полуавтоматической дуговой сварки

Значение механизированной сварки

- однородный химический состав,
- уменьшает трещинообразование,
- возможность проведения механической обработки,

Недостатки сварки:

- трудности при проведении работ при нагреве детали (метал становится пластичным, что приводит к деформации или изменению свойств),
- препятствие при больших дефектах (необходимы большие усилия и много времени при устранении, это снижает производительность),
- низкий уровень производства.

Процесс требует использования специализированного оборудования, включающего подачу проволоки и защитного газа. Сварочные аппараты, такие как Kemppi, EWM и Lincoln, обеспечивают точную и надежную настройку параметров сварки, что позволяет достигать высококачественных соединений. Диапазон сварочного тока составляет от 30 до 500 А, что облегчает работу сварщика в зависимости от толщины и типа материала. Напряжение варьируется от 220 до 380 В в зависимости от детали, что влияет на процесс и возможности сварки. Регулировка подачи проволоки осуществляется в

пределах от 2 до 20 м/мин, что позволяет настраивать скорость подачи. Питание аппаратов может быть однофазным или трехфазным.

Вследствие рассмотренных выше методов можно сделать вывод о том что для проектной технологии ремонта изделий из чугуна использовать механизированную сварку порошковой проволокой. Это позволит не только повысить качество соединений но и увеличить производительность работ.

2.2 Анализ базовой технологии сварки

В процессе эксплуатации на поверхности могут обнаруживаться различные дефекты, такие как трещины и другие. Визуальная проверка поверхности отливок является обязательной.

Для ремонта чугунных отливок нужен индивидуальный подход, учитывая свойства материала. Обычно для этого используют медно-никелевые электроды, обеспечивающие достоинства уникальным составом присадочного материала. «Никель смешивается с железом, но не образует карбидов и не меняет прочности металла. Шов с никелем в процессе сварки не закаляется и сохраняет свою мягкость и податливость при дальнейшей обработки.»[19]

«Медь- этот металл не растворяется в железе и не образует соединений с углеродом. В результате получается более твердый шов, однако он будет неоднороден, представляя собой сочетание меди с углеродистым железом.»[19]

В таблице 1 представлены рекомендуемые параметры для ручной дуговой сварки.

Таблица 1 - режимы ручной дуговой сварки

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
ОЗЧ-2	3	90-100

Продолжение таблицы 1

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
-	4	120-140
	5	160-190
	6	220-250
ОЗЧ-6	2	60-80
	2,5	70-90
	3	80-100
	4	140-160
	5	180-200
МНЧ-2	3	90-100
	4	120-140
	5	150-190
	6	210-230
ЦЧ-4	3	65-80
	4	90-120
	5	130-150
ОЗЖН-1	2,5	80-100
	3	100-120
	4	130-150
	5	160-180
ОЗЧ-4	2,5	60-80
	3	80-110
	4	110-130
	5	140-160

Оптимизация процесса, в необходимости предварительного подогрева и очередной термообработки. Однако, недостатки не допускаются при многих ответственных деталях. Поэтому активно ведутся исследования новых методов ремонтной сварки чугуна, для повышения производительности, прочности и долговечности.

Перед тем как приступить к сварке необходимо тщательно подготовить поверхность. Это необходимо для надёжного соединения и избежание возникновения дефектов. Очистку выполнять до металлического блеска обычно используют шлифовальную машину или металлическими щётками.

трещины необходимо просверлить по краям, для избежания дальнейших распространений. В зависимости от вида трещины «сквозная» или «не сквозная» зависит угол разделки. (указаны на рисунке 11).

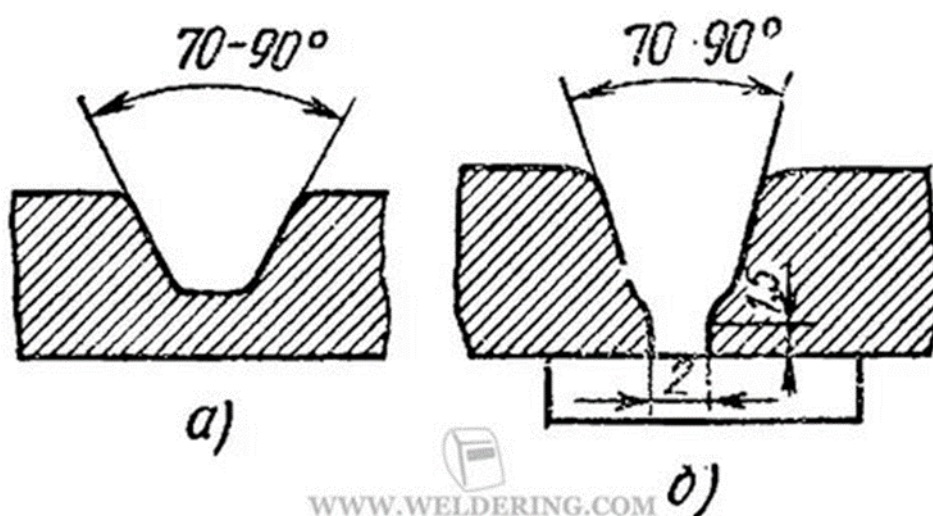


Рисунок 11 - разделка кромок

Для устранения недостатков в отливках из чугуна нужен большой опыт при сварке так же что не мало важно чтоб устранить наличие сквозняков и поддержать температуру в помещении.

«Сварка медно-никелевыми электродами проводится на постоянном токе обратной полярности и выполняются только в нижнем положении (для достижения наилучшего плавления и распределения добавочного материала).

Сварку ведут короткими швами длиной 20-30 мм.»[18] Валики должны иметь небольшую длину, это минимизирует риск образования пористости и деформации в зоне сварки. Высокие валики приводят к неравномерному програву металла, а именно к образованию внутренних напряжений и

повышению появления трещин. После каждого валика следует чистить зону сварки (от образующихся брызг и шлака), с применением металлических щеток и шлифовальных кругов.[13] Плохая зачистка приводит к дефектам последующих валиков так же и снижению прочности качества шва. Для уплотнения металла и удаления пористости, и выравнивание поверхности следует проковка наплавленного металла лёгкими ударами молотка. Для избежание образования новых дефектов и деформаций шва. Перед нанесением следующих валиков необходимо контролировать температуру зоны сварки. Она не должна быть больше 60°. Перегрев приведет к изменению структуры металла, снижению прочности. При нагревании чугуна существенно расширяется, что ведет к образованию внутренних напряжений. Эти напряжения, наряду с теми, которые возникают в результате неравномерного нагрева материала и усадки сварного шва, способны привести к образованию трещин или даже к полному разрушению изделия. С учетом этого, крайне важно применять специальные методы при сварке чугуна, чтобы минимизировать риски и обеспечить надежность.

Контроль проводится визуально.

2.3 Проектная технология сварки

Исходя из анализа всех изученных методов сварки, их достоинств и недостатков, можно заключить, что для проектной технологии ремонта чугунных изделий целесообразно применять механизированную сварку с использованием порошковой проволоки. Это не только улучшит качество соединений, но и повысит производительность работ.

Порошковая проволока представляет полую стальную оболочку круглого поперечного сечения, (представлена на рисунке 12) внутри которой находится шихта определенного хим. состава.



Рисунок 12 – проволока порошковая

«Для механизированной сварки чугуна, порошковые проволоки должны соответствовать требованиям: ГОСТ 26271 «Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей общие технические условия» дата внедрения 01.01.87)»[16].

Перед началом процесса поверхность очищают от различных загрязнений, таких как грязь и ржавчина, с помощью шлифовальных машин и металлорежущих станков.[13]

На концах трещин в поврежденных отливках следует просверлить отверстия, чтобы предотвратить их дальнейшее распространение. [14]

Разделка должна быть выполнена с плавным переходом, чтобы минимизировать количество расплавленного металла на поверхности.

После очистки рекомендуется обезжирить поверхность с помощью ацетона или растворителя.

Перед сваркой необходимо выполнить предварительный подогрев детали до 400—600 °С. Это позволяет уменьшить напряжения и улучшить слияния сварочных материалов. .[14]

«Процесс механизированной сваркой чугуна выполняют на постоянном токе прямой или обратной полярности. При этом проволока должна подаваться в зону сварки непрерывно, без рывков и задержек.» [1]

Сварку следует выполнять короткими швами. Скорость подачи проволоки должна составлять от 80 до 350 м/ч. Рекомендуемые параметры сварки порошковыми проволоками приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Рекомендуемые режимы сварки порошковыми проволоками

Марка порошковой проволокой	Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение на сварочной дуге В	Скорость подачи электронной проволоки м/ч
ПП-АНЧ2	3	240-550	28-35	80-300
ПП-СВ7	3	280-400	32-36	100-200
ППЧ-3М	5	400-700	35-40	150-300
ППЧ-9	5	1000-1300	50-60	230-300
ПП-АНЧ5	3	300-450	32-36	100-200

Разрешается проковывать сварные швы. После сварки следует обеспечить плавное охлаждение отливки с использованием специализированных печей и песка. По завершении всех операций осуществляется контроль отливок, который может проводиться визуально или с помощью проверки герметичности.

Вывод

Во второй главе рассматриваются методы и оборудование при сварке чугуна, различные технологии, которые применяются при сварке чугуна. Осуществлён анализ на основании этих методов.

В основной технологии рассматриваются достоинства и недостатки ручной дуговой сварки медно-никелевыми электродами. Минус сварки (слабая результативность, плохая стойкость металла и высокую вероятность) возникновения трещин и пор

Помимо этого, для выполнения сварочных работ требуется высокая квалификация сварщика.

В ходе исследования был проведён анализ эффективности различных сварочных технологий, что помогло аргументировать выбор более современного и эффективного метода.

В качестве варианта была предложена механизированная сварка с использованием порошковой проволоки. Технология имеет достоинства, такие как повышенная производительности и качества сварного шва, также позволяет снизить влияние человеческого фактора на результат сварки.

Проектная технология включает в себя несколько операций:

- подготовительные работы, включая очищение и обработку поверхности,
- начальный подогрев, обязательный для уменьшения вероятности появления трещин,
- выполнение сварки с использованием порошковой проволоки,
- проверка качества, состоящая из визуальной инспекции и неразрушающего контроля.

Использование данной технологии позволяет уменьшить трудоёмкость сварочных процессов и повысить эффективность работ. улучшает качество шва. Это приведет к улучшению ресурса чугунных деталей, что является основной целью ВКР.

Глава 3. Экономические и безопасные факторы при сварке

3.1 Безопасность жизнедеятельности

«Опасные и вредные производственные факторы «при ручной дуговой сварке существуют различные условия труда, которые могут оказать негативное воздействие на здоровье и безопасность сварщика.

Дополнительный опасный производственный фактор — это фактор, который непосредственно влияет на сварщика, включая вибрацию и высокие температуры. Эти условия могут вызвать серьезные травмы, такие как ожоги, электрические травмы и механические повреждения, возникающие в процессе работы с металлом.

Вредный производственный фактор – это элемент, который при продолжительном воздействии на организм сварщика способен привести к хроническим заболеваниям, профессиональным патологиям и снижению работоспособности.»[8]

«Ключевыми опасными и вредными производственными факторами при ручной дуговой сварке покрытыми электродами являются:

- искры, брызги и выбросы расплавленного металла и шлака,
- сварочные аэрозоли,
- повышенный уровень оптического излучения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном (тепловом) диапазонах,
- высокое напряжение в электрической цепи;
- повышенная температура шлаковой ванны, материалов, оборудования и воздуха рабочей зона,
- нервно-психические и физические перегрузки.»[5]

«Одним из значительных вредных факторов при процессе сварки является содержание в воздухе рабочей зоны сварочных аэрозолей, содержащие токсические вещества. Воздействие этих вредных веществ на

организм приводят к возникновению профессиональных заболеваний, например, таких как: пневмокониоз, пылевой бронхит.

Аэрозоли возникающие при сварке»[2] несут серьезную угрозу для здоровья сварщиков, особенно при использовании высоколегированных электродов, содержащие Ni(никель) и Cr(хром).Хром приводит к развитию аллергических реакций или рака легких при длительном воздействии. Никель ассоциируется с различными заболеваниями, включая дерматиты и респираторные проблемы. «При выборе средств нейтрализации вредных веществ в системах вентиляции и индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков.

При применении электродов во время работы следует действовать согласно техническими условиями, содержащие требования по безопасности и защите окружающей среды с перечнем вредных и опасных факторов, а также средств защиты.» [3]

Электрическая дуга выделяет мощный поток света, вызывающие серьезные проблемы со зрением. При отсутствии защиты глаза подвергаются воздействию яркого света, приводящего к слезоточивости и сильным болям, примерно, через 10-20 секунд. Особенно уязвимы глаза, находящиеся на расстоянии до одного метра от дуги. Длительное воздействие приводит к серьезным заболеваниям, такие как катаракта и электроофтальмия, что представляет собой воспаление роговицы.

Кожа тоже может, подвергается риску. При воздействии сварочной дуги на кожные покровы примерно в течение 60-180 секунд можно получить ожог, первой или более серьезной степени. Ожоги приводят не только к физическому дискомфорту, но и к длительным последствиям (рубцевание кожи или изменение ее чувствительности).

Мощность инфракрасного излучения в процессе сварки зависит от температуры свариваемых изделий, конструкций и габаритов так же температурой и объемами сварочной ванны. Воздействие инфракрасного излучения приводит к серьёзным нарушениям терморегуляции

организма(тепловому удару) ,при отсутствии защиты а именно специальных экранов или защитных костюмов

Электромагнитное поле характеризуется конструкцией изделий, «формами и мощностью сварочного оборудования. Влияние на организм зависит от интенсивности поля и продолжительности его воздействия. При ручной дуговой сварке уровень магнитного поля составляет примерно до 300 А/м и находится в пределах допустимых норм.»[7]

«Главным источником звукового воздействия при сварочном процессе это- сварочная дуга»[20] Интенсивность шума, создаваемого этой дугой, зависит от её устойчивости в горении. Если дуга горит ровно и стабильно, уровень шума значительно ниже, чем в случае нестабильного горения, при частом прерывание и возобновление дуги. Кроме сварочной дуги, шум могут создавать и другие элементы сварочного оборудования, а именно пневмоприводные, использующиеся при управлении механическими процессами, и различные источники питания.

Общие требования безопасности при сварке.

Электросварщику нужно иметь квалификационную группу по электро безопасности не ниже второй категории так как он работает с высоковольтным оборудованием требование обусловлено тем, что работа с электрическими установками сопровождается высоким риском, и наличие соответствующей квалификации позволяет минимизировать вероятность несчастных случаев. Перед тем как приступить к работе, каждый сотрудник, обязан пройти вводный инструктаж по технике безопасности. Инструктаж включает в себя основные правила поведения на рабочем месте, так же использование средств индивидуальной защиты и ознакомление с опасностями при работе. Таким же образом работник должен пройти инструктаж на своем непосредственном рабочем месте, который включает риски, связанные с конкретным оборудованием и процессами. Все электросварщики обязаны проходить медицинский осмотр перед началом работы, а затем регулярно, в соответствии с установленными нормами. Инструктаж по технике безопасности должен

проводиться не реже одного раза в 3 месяца. Перед тем как перейти на новые устройства или технологии, сотрудник должен ознакомиться с руководством по использованию данного оборудования и пройти дополнительное обучение по требованиям безопасности. Это необходимо, поскольку различные виды сварочного оборудования могут обладать своими особенностями и потенциальными опасностями.[5]

Перед тем, как начать свою работу, сварщик обязан удостовериться в исправности всех средств индивидуальной защиты (СИЗ) и вспомогательных приспособлений, которые используются в процессе. Первое, убедиться в исправности диэлектрического коврика, служащий защитой от электрического тока, и диэлектрические боты, обеспечивающие безопасное передвижение по рабочей зоне. Помимо того, важными элементами защиты является сварочный шлем и щиток, которые необходимы для защиты глаз и лица от искр и ультрафиолетового излучения. Рабочий должен надеть специальную одежду, а именно брезентовый костюм, пропитанный огнестойким составом, он значительно снижает риск возникновения ожогов, также использовать специальные ботинки, которые предоставляет защиту ног, и диэлектрические перчатки, которые предотвращают поражение электрическим током. головном уборе тоже необходим для защиты головы от теплового воздействия и механических повреждений.

«Изолирующие средства защиты проверяться не только перед началом работы, но и с своевременной периодичностью. Диэлектрические перчатки следует проверять каждые 6 месяцев, для убеждения их целостности и надежности. Диэлектрические боты проверяются раз в 3 года, сапоги и инструменты с изолирующими рукоятками проверяются раз в год. Диэлектрические коврики проверяются раз в два года.»[8]

Все средства индивидуальной защиты (СИЗ) обязаны быть оснащены сертификатами, в которых указаны предельные значения напряжения оборудования и сроки проведения последующих проверок.

С целью обеспечения безопасности сотрудников, работающих рядом с процессами сварки, а также для подсобных рабочих, необходимо создать определенные условия на участках, где постоянно ведутся сварочные работы.»

Каждый электросварщик должен иметь доступ к индивидуальной сварочной кабине, которая соответствует определённым требованиям. Размеры такой кабины не менее 3 квадратных метров, и высота стен — от 1,8 до 2 метров, для обеспечения достаточного пространства минимизируя риск воздействия вредных факторов на здоровье.

Для предотвращения ожогов и других травм связанных непосредственно с перегревом оборудования, поверхность в нагретом состоянии не должна превышать 45°C. Правила безопасности качающихся оборудования предназначенного для ручной дуговой сварки с использованием покрытых электродов представлена в: (ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования», ГОСТ 12.2.049 «Система стандартов безопасности труда. Общие эргономические требования», ГОСТ 12.2.007.8 «Система стандартов безопасности труда. Электросварочные устройства и оборудование для плазменной обработки. Нормы безопасности.

Источники тока в процессе должны быть заземлены в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0. правильное заземление обеспечивает безопасность при эксплуатации оборудования и защищает от поражения электрическим током. В свою очередь заземление предотвращает возникновение аварийных ситуаций, связанных с короткими замыканиями и перепадами напряжения.

При использовании источников питания важно учитывать, что «напряжение холостого хода для источников переменного тока не должно превышать 80 В, а для» [7] источников постоянного тока — 100 В. Эти ограничения помогают снизить риск электрических травм и обеспечивают безопасную работу сварочного оборудования. Если напряжение превышает указанные значения, это может привести к серьезным последствиям, включая повреждение оборудования и угрозу для здоровья.

Защита органов зрения является важной частью сварочного процесса. Во время сварки, дуга и расплавленный металл могут представлять опасность для сварщика. Чтобы предотвратить повреждения от излучения и металлических капель, а также паров, возникающих в ходе работы, используются защитные щитки. Они бывают двух типов: ручные и наголовные. Эти щитки обеспечивают защиту шеи и головы сварщика.

Зачистка поверхности это необходимый процесс требующий соблюдения некоторых мер безопасности. Использование защитных очков, должны быть изготовлены из прозрачного прочного небьющегося материала, для защиты глаза от возможных травм, вызываемых искрами или мелкими частицами металла. Альтернативой могут быть защитные щитки, которые обеспечивают аналогичную защиту, но при этом оставляют лицо открытым для лучшей вентиляции.

Для обеспечения безопасности работников от искр, капель расплавленного металла, шлака и воздействия высоких температур необходимо использовать специализированную одежду, которая защищает от различных типов излучений. Существуют как всепогодные, так и летние модели такой защитной одежды. Она изготавливается из брезента, который предварительно обработан термостойкими, огнеупорными и искрозащитными составами. Эти материалы помогают предотвратить ожоги и другие травмы, которые могут возникнуть во время работы. Рукавицы, соответствующие ГОСТ 12.4.010, обеспечивающие надежную защиту рук от механических повреждений и термических воздействий.

При работе с сварочным оборудованием необходимо соблюдать правила безопасности. Важно, чтобы рабочая куртка была застегнута, для защиты кожи от искр и металлических частиц. чтобы избежать зацепления за оборудование или попадания в зону сварки, нужно подматывать или застегивать рукава. Карманы одежды должны быть закрыты, это необходимо, чтобы предотвратить попадание опилок или искр, которые могут причинить травмы. Специализированная одежда и обувь должны быть в хорошем состоянии и

чистыми (влага или масло могут снизить их защитные свойства и увеличить риск получения травм)

СИЗ относятся диэлектрические коврики, «резиновые перчатки и галоши, которые необходимы при проведении высокоопасных работ, связанных с электричеством и химическими веществами. В зимний период при сварке на улице, специальная одежда должна дополняться теплозащитными подстежками,»[16] для сохранения тепла и предотвращения гипотермии работника

Вентиляция является важным элементом для обеспечения безопасных условий на рабочем месте.

Существует два основных вида вентиляционных систем: общая и местная. Общая вентиляция обычно функционирует через приточно-вытяжные системы, которые удаляют загрязнённый воздух и обеспечивают поступление свежего. Тем не менее, на длительных рабочих местах такая система может оказаться недостаточно эффективной. Загрязнённый воздух, поднимающийся от сварочной дуги или пламени, может негативно сказаться на здоровье сотрудников. Поэтому для удаления загрязнений непосредственно в местах работы рекомендуется использовать местные вытяжные устройства. Эти устройства особенно эффективны, когда они направляют воздушный поток так, чтобы защитить лицо сварщика и одновременно убирать загрязнённый воздух. Вытяжные панели — один из вариантов таких устройств. Выбор определяется объемами удаляемого воздуха, размерами сварочного стола и габаритами обрабатываемых изделий. В процессе сварки мелких деталей вытяжные панели более продуктивны, так как можно сосредоточить поток. Для работы с большими листами целесообразно применять мобильные вытяжки, которые подключаются к общей системе через телескопические трубы и поворотные фланцы, что позволяет адаптировать вентиляцию к конкретным условиям работы.

Следование всем установленным нормам и применение соответствующего оборудования не только увеличивает уровень безопасности

на производственном месте, но и способствует более продуктивному выполнению сварочных процедур. Это, в свою очередь, помогает уменьшить вероятность возникновения несчастных случаев и оптимизирует общую эффективность работы.

Работа в небезопасных условиях, требует тщательного соблюдения правил безопасности и использования специализированного оборудования. При сварке переменным током необходимо применять блокирующие устройства. Эти устройства обеспечивают возможность замены электродов только при отключении сварочной цепи или когда напряжение снижено до безопасных уровней, обычно в диапазоне от 12 до 14 В. Это крайне важно для того, чтобы избежать случайных электрических разрядов, которые могут вызвать серьезные травмы или даже привести к летальному исходу. Работники, занимающиеся сваркой, должны использовать брезентовые перчатки, которые защищают от высоких температур и механических повреждений. Кроме того, во время перерывов электро держатель следует помещать на специальный крючок или штатив, чтобы предотвратить его падение и возможные повреждения оборудования или травмы людей вокруг.

Во время проведения сварочных операций газовой замкнутых пространствах, «необходимо использовать противогазы с шланговой подачей ПШ-1 или ПШ-2, которые предназначены для защиты от вредных газов и паров, выделяющихся в процессе сварки. Работникам также следует позаботиться о наличии спасательных поясов «с привязанными веревками, резиновыми изоляционными матами, уменьшающими риск поражения электрическим током, а также диэлектрическими шлемами и спецодеждой, оборудованной резиновыми подлокотниками и наколенниками.»[8] Все перечисленные средства разработаны с целью обеспечения максимальной безопасности. Прежде чем приступить к работе в опасных зонах, необходимо провести анализ воздуха,»[8] чтобы убедиться в отсутствии вредных веществ. Рабочая зона обеспечивается чистым воздухом в процессе сварки с помощью воздуходувки, что способствует созданию безопасных условий труда. Если

сварочные емкости ранее содержали горючие жидкости или нефтепродукты, их необходимо тщательно промыть и пропарить для предотвращения пожаров и взрывов. На высоте сварщики должны пользоваться защитными поясами и специализированными сумками для инструментов. Если несколько работников чинили на разных уровнях, следует предусмотреть меры безопасности для тех, кто находится ниже, чтобы избежать травм от падающего металла или шлака. При предполагаемой сварке обязательно устанавливается «плотный помост, который покрывается листами кровельного железа или асбестом, который служит для дополнительной защиты. На строительных площадках сварщики должны носить каски, они защищают голову от падающих предметов, а также от поражения электрическим током и неблагоприятных атмосферных условий. Под каской»[20] должен быть подшлемник, который обеспечивает дополнительный комфорт и защиту. Все эти меры безопасности направлены на минимизацию рисков и защиту здоровья работников, что особенно важно в условиях сварочных работ связанных с повышенными рисками .

При работе с сварочным оборудованием необходимо соблюдать правила безопасности. Важно, чтобы рабочая куртка была застегнута, для защиты кожи от искр и металлических частиц. чтобы избежать зацепления за оборудование или попадания в зону сварки, нужно подматывать или застегивать рукава. Карманы одежды должны быть закрыты, это необходимо чтоб предотвратить попадание опилок или искр, которые могут причинить травмы. Специализированная одежда и обувь должны быть в хорошем состоянии и чистыми (влага или масло могут снизить их защитные свойства и увеличить риск получения травм) [12]

СИЗ относятся диэлектрические коврики, «резиновые перчатки и галоши, которые необходимы при проведении высокоопасных работ, связанных с электричеством и химическими веществами. В зимний период при сварке на улице, специальная одежда должна дополняться

теплозащитными подстежками,» [20] для сохранения тепла и предотвращения гипотермии работника.

Вентиляция является важным элементом для обеспечения безопасных условий на рабочем месте.

Существует два основных вида вентиляционных систем: общая и местная. Общая вентиляция обычно функционирует через приточно-вытяжные системы, которые удаляют загрязнённый воздух и обеспечивают поступление свежего. Тем не менее, на длительных рабочих местах такая система может оказаться недостаточно эффективной. Загрязнённый воздух, поднимающийся от сварочной дуги или пламени, может негативно сказаться на здоровье сотрудников. Поэтому для удаления загрязнений непосредственно в местах работы рекомендуется использовать местные вытяжные устройства. Эти устройства особенно эффективны, когда они направляют воздушный поток так, чтобы защитить лицо сварщика и одновременно убирать загрязнённый воздух. Вытяжные панели — один из вариантов таких устройств. Их выбор определяется объемами удаляемого воздуха, размерами сварочного стола и габаритами обрабатываемых изделий. В процессе сварки мелких деталей вытяжные панели более продуктивны, так как можно сосредоточить поток. Для работы с большими листами целесообразно применять мобильные вытяжки, которые подключаются к общей системе через телескопические трубы и поворотные фланцы, что позволяет адаптировать вентиляцию к конкретным условиям работы. [11]

Следование всем установленным нормам и применение соответствующего оборудования не только увеличивает уровень безопасности на производственном месте, но и способствует более продуктивному выполнению сварочных процедур. Это, в свою очередь, помогает уменьшить вероятность возникновения несчастных случаев и оптимизирует общую эффективность работы. [7]

Работа в небезопасных условиях, требует тщательного соблюдения правил безопасности и использования специализированного оборудования.

При сварке переменным током необходимо применять блокирующие устройства. [12] Эти устройства обеспечивают возможность замены электродов только при отключении сварочной цепи или когда напряжение снижено до безопасных уровней, обычно в диапазоне от 12 до 14 В. Это крайне важно для того, чтобы избежать случайных электрических разрядов, которые могут вызвать серьёзные травмы или даже привести к летальному исходу. Работники, занимающиеся сваркой, должны использовать брезентовые перчатки, которые защищают от высоких температур и механических повреждений. Кроме того, во время перерывов электрододержатель следует помещать на специальный крючок или штатив, чтобы предотвратить его падение и возможные повреждения оборудования или травмы людей вокруг.

При выполнении сварочных работ в закрытых емкостях работники обязаны использовать шланговые противогазы ПШ-1 или ПШ-2. Эти приборы необходимы для защиты от токсичных газов и паров, которые могут выделяться во время сварки. Дополнительно, сотрудникам необходимо предоставлять спасительные пояса «с привязанными верёвками, резиновые изоляционные маты, они снижают риск поражения электрическим током, а также диэлектрические шлемы и специальную одежду, оснащённую резиновыми подлокотниками и наколенниками. Все указанные средства созданы для максимальной безопасности. Перед началом работ в рискованных зонах важно провести анализ воздуха, чтобы удостовериться в отсутствии опасных веществ. В процессе сварки рабочая зона обеспечивается чистым воздухом»[8] с помощью воздуходувки, что способствует созданию безопасных условий труда. Если сварочные ёмкости ранее содержали горючие жидкости или нефтепродукты, их необходимо тщательно промыть и пропарить для предотвращения пожаров и взрывов. На высоте сварщики должны пользоваться защитными поясами и специализированными сумками для инструментов. Если несколько работников чинили на разных уровнях, следует предусмотреть меры безопасности для тех, кто находится ниже, чтобы избежать травм от падающего металла или шлака. При проведении сварочных

работ обязательно устанавливается надежный помост, который «покрывается листами кровельного железа или асбестом для дополнительной защиты. На строительных площадках сварщики должны носить каски, которые защищают голову от падающих предметов»[8], а также от электрического удара и неблагоприятных погодных условий. Под каской должен находиться подшлемник, обеспечивающий дополнительный комфорт и защиту. Все эти меры безопасности направлены на снижение рисков и защиту здоровья работников, что особенно важно в условиях «повышенной опасности, присущих сварочным работам. Таким образом, соблюдение всех указанных мер предосторожности является необходимым условием для успешного и безопасного выполнения сварочных работ в опасных условиях.»[11]

«Сварщики, работающие на строительных площадках, обязаны носить каски, для защиты головы от падающих предметов, поражения электрическим током и атмосферных воздействий. Под каску надевается подшлемник.»[8]

3.2 Экономика

В ниже стоящей таблице 3 указаны данные необходимые для произведения всех расчетов.

Таблица 3 - Необходимые данные

Наименования параметров экономической характеристики	Условия обозначения в расчетах	Единица измерения	Параметр экономической характеристики
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2
Разряд работников	P_p	-	5
Тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	180
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12
Коэффициент отчисления на дополнительную ЗП	K_d	-	1,9

Продолжение таблицы 3

Наименования параметров экономической характеристики	Условия обозначения в расчетах	Единица измерения	Параметр экономической характеристики
Коэффициент отчисления на социальные нужды	K_{cc}	%	30
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	Руб.	100000
Норма амортизации оборудования	N_a	%	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	1,8
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/кВт	3,36
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	- 3
Площадь под оборудование	S	m^2	21
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	$(P / m^2) / год$	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	P / m^2	3000
Норма амортизации площади	$N_a . пл$	%	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5

Продолжение таблицы 3

Наименования параметров экономической характеристики	Условия обозначения в расчетах	Единица измерения	Параметр экономической характеристики
Коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	2,15
Коэффициент выполнения нормы	$K_{\text{в}}$	-	1,03
Машинное время	$T_{\text{маш}}$	час	1,2

Фонд рабочего времени

Фонд рабочего времени - это плановое количество времени, которое сотрудник потратит на работу. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата который задействован в выполнении технологического процесса, так же влияет на величину расходов оборудования и производственные площади.

В календарном году 2024 года число рабочих смен 247 дней при пятидневной недели и двумя выходными при продолжительности смены 8,2 часа. В предпраздничные дни сокращаются на 1 час это тоже надо следует учитывать при расчёте. Количество предпраздничных 5 дней. Выше изложенного для количества смен =1 расщипываем фонд времени:

Расчет рабочего времени оборудования

Номинальный годовой рабочий фонд оборудования

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} * T_{\text{см}} - D_{\text{п}} * T_{\text{п}})C \quad (1)$$

где $D_{\text{р}}$ - число рабочих дней

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены

$T_{\text{п}}$ - сокращение рабочей смены при предпраздничном дне

$D_{\text{п}}$ -предпраздничный день

C – количество смен

$$F_H = (247 * 8,2 - 5 * 1) * 2 = 4040 \text{ часов}$$

Эффективное использование рабочего времени оборудования.

$$F_э = F_H \left(1 - \frac{B}{100}\right) \quad (2)$$

B- плановые потери рабочего времени

$$F_э = 4040 \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 3838 \text{ часа}$$

Анализ времени, затрачиваемого на выполнение сварочных работ, а также коэффициент загрузки оборудования.

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

где $t_{шт}$ – время на ремонтную сварку типовой детали

$t_{маш}$ - время непосредственно выполнения операций

$t_{всп}$ -время на подготовку к работе оборудования 10%

$t_{обсл}$ - время на обслуживание рабочего места 7%

$t_{отд}$ - время на отдых 5%

$t_{п-з}$ - подготовительно заключительное время 2%

$$t_{шт.баз} = 1,3 * (100\% + 10\% + 7\% + 5\% + 2\%) = 1,6 \text{ часа}$$

$$t_{шт.пр} = 0,5 * (100\% + 10\% + 7\% + 5\% + 2\%) = 0,6 \text{ часа}$$

С учётом рассчитанного выше эффективного фонда времени и штучного времени можно вычислить годовую программу.

$$П_r = F_э / t_{шт} \quad (4)$$

где $П_r$ - годовая программа

$$П_{r.баз} = \frac{3838}{1,6} = 2398 \text{ деталей в год}$$

$$П_{r.пр} = \frac{3838}{0,6} = 6396 \text{ деталей в год}$$

Для проектного и базового варианта возьмём 1000 деталей в год для проведения дальнейших расчётов.

Определение количества оборудования

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} * \frac{\Pi_r}{F_{\text{э}} * K_{\text{вн}}} \quad (5)$$

где $t_{\text{шт}}$ - штучное время

Π_r - годовая программа выпуска изделий

$F_{\text{э}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения нормы

Базовый вариант
$$n_{\text{расч}} = 1,6 * \frac{1000}{3838 * 1,1} = 0,4$$

Протктный вариант
$$n_{\text{расч}} = 0,6 * \frac{1000}{3838 * 1,1} = 0,1$$

Расчет коэффициента загрузки оборудования.

$$K_{\text{э}} = \frac{n_{\text{расч}}}{n} \quad (6)$$

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

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

Базовый вариант
$$K_{\text{э.б}} = \frac{0,4}{1} = 0,4$$

Проектный вариант
$$K_{\text{э.п}} = \frac{0,1}{1} = 0,1$$

Себестоимость сварочных работ

Себестоимость сварочных работ включает некоторые категории, которые нужно учесть при расчёте. В данный момент это сварочные электроды. При расчете себестоимости важно учесть затраты на материалы, их стоимость, нормы расхода, а также коэффициенты, связанные с транспортировкой и заготовкой.

Расчет затрат на материалы

$$M = C_{\text{м}} * N_{\text{р}} = K_{\text{т-з}} \quad (7)$$

где M -затраты на материал

Цм- цена материала

Нр- норма расхода материала

Кт-з – коэффициент транспортно-заготовительных расходов

Базовый проект $M = 550 * 0,2 * 1,5 * 1,05 = 173$ руб.

Проектный проект $M = 230 * 0,2 * 1,3 * 1,05 = 70$ руб.

Фонд оплаты труда основных производственных рабочих

При ранее выполненных расчётах штучного времени , коэффициента доплат и часовой ставки можно определить расчёт основной заработной платы.

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} * C_{\text{ч}} * K_{\text{д}} \quad (8)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата

$C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной заработной плате

Базовый $З_{\text{осн}} = 1,6 * 180 * 1,2 = 345$ руб

Проектный $З_{\text{осн}} = 0,6 * 180 * 1,2 = 129$ руб

Расчёт дополнительной заработной платы

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * \frac{K_{\text{доп}}}{100} \quad (9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – значение коэффициента 12%

Базовый $З_{\text{доп}} = 345 * \frac{12}{100} = 41$ руб

Проектный $З_{\text{доп}} = 129 * \frac{12}{100} = 15$ руб

Отчисления на социальные нужды

Объем фонда заработной платы определяется путем сложения основной и дополнительной заработной платы, в результате чего мы получаем $\Phi ЗП = 345 + 41 = 386$ руб. для базового и проектного технологического процесса $\Phi ЗП = 129 + 15 = 144$ руб.

Размер отчислений на социальные нужды определяется по формуле:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} * \frac{K_{\text{сн}}}{100} \quad (10)$$

$K_{\text{сн}}$ – Коэффициент отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{сн.баз}} = 345 * \frac{34}{100} = 117 \text{ руб}$$

$$O_{\text{сн.проект}} = 144 * \frac{34}{100} = 48 \text{ руб}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы на оборудование рассчитываются с использованием амортизационных отчислений и затрат на потребляемую электрическую энергию. Для выполнения расчетов применяется соответствующая формула.

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} * P_{\text{ээ}} \quad (11)$$

где $Z_{\text{об}}$ – затраты на оборудования

$A_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления

$P_{\text{ээ}}$ – затраты на электрическую энергию

$$Z_{\text{об.б}} = 9 + 107 = 116 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об.пр}} = 10 + 88 = 98 \text{ руб.}$$

Амортизация оборудования

Величину амортизационных отчислений определяют с учётом нормы амортизации, цены оборудования и машинного времени.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} * H_{\text{в}} * t_{\text{маш}}}{F_3 * 100} \quad (12)$$

где $H_{\text{в}}$ – норма амортизации

$C_{\text{об}}$ – цена оборудование

$t_{\text{маш}}$ – машинное время

$$A_{\text{об.баз}} = \frac{100000 * 22 * 1,6}{3838 * 100} = 9 \text{ руб}$$

$$A_{\text{об.пр}} = \frac{300000 * 22 * 0,6}{3838 * 100} = 10 \text{ руб}$$

Расход на электроэнергию

Учитывая мощность оборудования, тарифы на электрическую энергию для промышленных предприятий и коэффициент полезного действия, возможно вычислить расходы на электроэнергию, используя следующую формулу:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} * C_{\text{ээ}} / \text{КПД} \quad (13)$$

где $M_{\text{уст}}$ – мощность оборудования

$C_{\text{ээ}}$ – цена электрической энергии

КПД – коэффициент полезного действия

$$P_{\text{ээ.баз}} = 10 * 1,6 * \frac{3,36}{0,5} = 107 \text{ руб}$$

$$P_{\text{ээ.пр}} = 20 * 0,6 * \frac{3,36}{0,5} = 88 \text{ руб}$$

Определить величину технической себестоимости можно, сложив расходы на материалы, фонд заработной платы и отчисления на социальные нужды, используя соответствующую формулу.

$$C_{\text{тех}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + Z_{\text{об}} \quad (14)$$

$$C_{\text{тех.б}} = 180 + 345 + 117 + 116 = 758 \text{ руб}$$

$$C_{\text{тех.пр}} = 60 + 144 + 48 + 98 = 320 \text{ руб}$$

Цеховая себестоимость

Величину цеховой себестоимости можно определить по формуле

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

$$C_{\text{цех.баз}} = 758 + 345 * 1,5 = 1275$$

$$C_{\text{цех.пр}} = 320 + 129 * 1,5 = 513$$

Заводская себестоимость

Величину заводской себестоимости определяется по формуле

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

$$C_{\text{зав.б}} = 1275 + 345 * 1,15 = 1671$$

$$C_{\text{зав.пр}} = 513 + 129 * 1,15 = 661$$

Калькуляция затрат на производство, связанных с заводскими себестоимостями, представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Затраты на проведение производственного процесса.

Показатели	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на материалы	М	180	60
Объем фонда заработной платы	ФЗП	345	144
Отчисления на социальные нужды	Осн	117	48
Затраты на оборудование	Зоб	116	98
Технологическая себестоимость	Стех	758	320
Объем цеховых расходов	Рцех	345	129
Цеховая себестоимость	Сцех	1275	513
Объем заводских расходов	Р зав	1,15	1,15
Заводская себестоимость	С зав	1617	661

Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии

Затраты технологических процессов

Для подчета на капитальные затраты на реализацию технологического процесса по базовому варианту необходимо учесть несколько факторов, которые влияют на окончательную сумму затрат. расчет слндует выполнять с учетом коэффициента загрузки и остаточной стоимости обоудования .

Величина остаточной стоимости оборудования

$$\Pi_{об.б} = \Pi_{перв} - (\Pi_{перв} * T_{сл} * \frac{H_a}{100}) \quad (17)$$

$$\Pi_{об.б} = 100000 - \left(100000 * 3 * \frac{22}{100} \right) = 34000$$

Капитальные зтраты по базовой технологии

$$K_{лбщ.б} = \Pi_{об.б} * K_{з.б} \quad (18)$$

$$K_{лбщ.б} = 34000 * 0,35 = 11900$$

Капиталовложения

$$K_{общ.пр} = \Pi_{об.пр} + K_{з.пр} \quad (19)$$

$$K_{общ.пр} = 37800 + 20000 = 57800$$

Величина капитальные вложения на оборудование

$$K_{об.пр} = \Pi_{об.пр} * K_{тз} * K_{зп} \quad (20)$$

$$K_{об.пр} = 300000 * 1,05 * 0,12 = 37800$$

Расходы на демонтаж

$$P_{дем} = \Pi_{об.б} * K_d \quad (21)$$

$$P_{дем} = 100000 * 0,05 = 5000$$

Расходы на монтаж

$$P_{\text{монт}} = C_{\text{об.пр}} * K_{\text{м}} \quad (22)$$

$$P_{\text{монт}} = 300000 * 0,5 = 15000$$

Величина сопутствующих расходов

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

$$P_{\text{соп}} = 5000 + 15000 = 20000$$

Расчет дополнительных капиталовложений

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

$$K_{\text{доп}} = 57800 - 37800 = 20000$$

Величина удельных капиталовложений

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / P_{\text{г}} \quad (25)$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{578000}{1000} = 578$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{378000}{1000} = 378$$

Коэффициент эффективности

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = (1,6 - 0,6) * 100\% \frac{1}{1,6} = 62\%$$

Повышение производительности

$$P_{\text{т}} = 100 * \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) \quad (27)$$

$$P_{\text{т}} = 100 * \frac{62}{100} - 62 = 163$$

Уменьшение технологической себестоимости

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

$$\Delta C_{\text{тех}} = (758 - 320) * 100\% / 758 = 57\%$$

Размер ксловно-годовой экономии

$$П_{\text{ож}} = Э_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б}} - C_{\text{зав.пр}}) * П_{\text{г}} \quad (29)$$

$$П_{\text{ож}} = (1671 - 661) * 1000 = 1010000$$

Длительность срока окупаемости

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / Э_{\text{уг}} \quad (30)$$

$$T_{\text{ок}} = 20000 / 1010000 = 0,01$$

Величина годового экономического эффекта

$$Э_{\text{г}} = Э_{\text{уг}} - E_{\text{н}} * K_{\text{доп}} \quad (31)$$

$$Э_{\text{г}} = 1010000 - 0,33 * 20000 = 1003400$$

В результате анализа и сравнения технологических процессов, основанных на повышении эффективности экономические показатели. Производительность повысилась на 163%, означая что работники способны выполнять почти в два раза больше работы за этот же период времени, это существенно повышает общую эффективность производства. Благодаря увеличению производительности труда и сокращению издержек удалось снизить технологическую себестоимость и это привело к получению годового экономического эффекта.

Заключение

По ходу работы была поставлена задача повешения ресурса чугунных деталей, что является нынешней проблемой в области машиностроения. Главное внимание уделялось разработке эффективных методов при ремонте, вознёсшиеся при эксплуатации деталей. Чугун за счёт своих уникальных свойств широко используется в различных областях, тем не менее он склонен к различным видам повреждения, что требует тщательного подхода к выбору методов. В процессе работы были рассмотрены основные трудности и проблемы, всплывающие при сварке чугуна. Сварка чугуна — это сложный процесс, поскольку материал имеет низкую пластичность и склонен к образованию трещин.

Кроме того, были изучены виды и классификации чугуна, что позволила понять его механические свойства и поведение при сварке. На основании были подобраны материалы и оборудование необходимое для работы с чугуном.

В основной технологии рассматриваются достоинства и недостатки ручной дуговой сварки медно-никелевыми электродами. Минус сварки (слабая результативность, плохая стойкость металла и высокую вероятность) возникновения трещин и пор

Помимо этого, для выполнения сварочных работ требуется высокая квалификация сварщика.

В ходе исследования был проведён анализ эффективности различных сварочных технологий, что помогло аргументировать выбор более современного и эффективного метода.

В качестве варианта была предложена механизированная сварка с использованием порошковой проволоки. Технология имеет достоинства, такие как повышенная производительности и качества сварного шва, также позволяет снизить влияние человеческого фактора на результат сварки.

Проектная технология включает в себя несколько операций:

- подготовительные работы, включая очищение и обработку поверхности,
- начальный подогрев, обязательный для уменьшения вероятности появления трещин,
- выполнение сварки с использованием порошковой проволоки,
- проверка качества, состоящая из визуальной инспекции и неразрушающего контроля,

Использование данной технологии позволяет уменьшить трудоёмкость сварочных процессов и повысить эффективность работ. улучшает качество шва. Это приведет к улучшению ресурса чугунных деталей, что является основной целью ВКР.

В рамках экологического раздела был проведен анализ по безопасности предлагаемых технологий. Важным моментом является защита персонала от внедрения и разных факторов, возникающих при сварке. Были предложены меры по безопасности работников, а именно использования СИЗ, организации вентиляции в рабочих зонах и проведения инструктажей по технике безопасности. Данная выпускная квалификационная работа направлена не только на решение технических задач, но и обеспечение безопасности при сварке чугуна.

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. Опубл. 23.02.84. Бюл. № 7. 5 с
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Богодухов С.И., Проскурин А.Д., Сулейманов Р.М., Схиртладзе А.Г. Материаловедение и технологические процессы в машиностроении. Учебное пособие / Старый Оскол, 2023. (2-е издание, переработанное и дополненное)
5. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
6. Быковский О. Г. Справочник сварщика: справочник. Москва: Машиностроение, 2011. 336 с.
7. В. Г. Ручная дуговая сварка : учебник / В. Г. Лупачёв. – 3 е изд. – Минск : Выш. шк., 2010. – 410 с
8. В. Г. Ручная дуговая сварка : учебник / В. Г. Лупачёв. – 3 е изд. – Минск : Выш. шк., 2010. – 416 с
9. Газовая и дуговая сварка чугунов - Энциклопедия по машиностроению XXL
10. Газосварщик [Электронный ресурс] : учебное пособие для ПТУ/Под ред. В. В. Шапкина. - СПб. : Политехника, 2015.
11. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. –66 с.
12. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. –68 с.
13. ГОСТ 30430-96 Сварка дуговая конструкционных чугунов. Требования к технологическому процессу, ГОСТ от 16 января 2001 года №30430-96
14. ГОСТ 30430-96 Сварка дуговая конструкционных чугунов. Требования к технологическому процессу, ГОСТ от 16 января 2001 года №30430-96
15. Лукьяненко, А. Ю. Автоматизация анализа процесса возникновения и ликвидации литейных дефектов : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Андрей Юрьевич : Волгоградский гос. техн. ун-т. – Волгоград. – 2013.
16. Метлицкий В.А. Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна // Сварочное производство. 2007. № 11. С. 19-21

17. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алешина, Г. Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004. Т. 2. 480 с.
18. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.
19. Способ сварки изделий из чугуна : пат. № 95122146 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/22. – 1997
20. Технология сварки серых чугунов и свойства соединений
https://www.autowelding.ru/publ/1/1/tekhnologija_svarki_serykh_chugunov_i_svojstva_soedinenij/2-1-0-169