



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Машиностроение
ООП Оборудование и технология сварочного производства

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

| |
|---|
| Тема работы |
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОВША ЭКСКАВАТОРА |

УДК 621.879.064-049.32

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------|---------------|---------|------|
| 3-10А81 | Кургинян Э.Н. | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Солодский С.А. | к.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|----------------|---------------------------|---------|------|
| Оборудование и технология сварочного производства, доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | |

Юрга – 2023 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|---|---|
| УК(У)-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач |
| УК(У)-2 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений |
| УК(У)-3 | Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде |
| УК(У)-4 | Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах) |
| УК(У)-5 | Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах |
| УК(У)-6 | Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни |
| УК(У)-7 | Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности |
| УК(У)-8 | Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов |
| УК(У)-9 | Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи |
| УК(У) -10 | Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности |
| УК(У)-11 | Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | Умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. |
| ОПК(У)-2 | Осознанием сущности и значения информации в развитии современного общества |
| ОПК(У)-3 | Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации. |
| ОПК(У)-4 | Умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении |
| ОПК(У)-5 | Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|-------------------------------------|---|
| Профессиональные компетенции | |
| ПК(У)-5 | Умением учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании |
| ПК(У)-6 | Умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями |
| ПК(У)-7 | Способностью оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам |
| ПК(У)-8 | Умением проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений |
| ПК(У)-9 | Умением проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектируемых изделий |
| ПК(У)-10 | Умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению |
| ПК(У)-11 | Способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий |
| ПК(У)-12 | Способностью разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств |
| ПК(У)-13 | Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование |
| ПК(У)-14 | Способностью участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции |
| ПК(У)-15 | Умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования |
| ПК(У)-16 | Умением проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ |
| ПК(У)-17 | Умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения |
| ПК(У)-18 | Умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий |
| ПК(У)-19 | Способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции |

Студент гр. 3-10А81

Руководитель ВКР, к.т.н., доцент

Э.Н. Кургинян

Д.П. Ильященко



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Машиностроение
ООП Оборудование и технология сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

_____ Д.П. Ильяшенко
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО |
|---------|--------------------------|
| З-10А81 | Кургинян Эдуард Наирович |

Тема работы:

| | |
|--|-----------------------|
| Разработка технологии восстановления ковша экскаватора | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 31.01.2023г. №31-79/с |

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 09.06.2023 г. |
|--|---------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p> | <p>Материалы преддипломной практики</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор и анализ литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Разработка технологического процесса. 4. Разработка сборочно-сварочных приспособлений. 5. Проектирование участка сборки-сварки. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность. |

| | |
|---|--|
| <p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. ФЮРА.РС400L.164.00.000 СБ Ковш РС400LC 2 листа (А1) 2. ФЮРА.000001.164.00.000 СБ Приспособление крепежное 1 лист (А1). 3. ФЮРА.000002.164 ЛП План участка 1 лист (А1). 4. ФЮРА.000003.164 ЛП Карта организации труда 1 лист (А1). 5. ФЮРА.000004.164 ЛП Система вентиляции участка 1 лист (А1). 6. ФЮРА.000005.164 ЛП Основные технико-экономические показатели 1 лист (А1). |
|---|--|

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|--|----------------|
| Раздел | Консультант |
| Технологическая и конструкторская часть | Ильященко Д.П. |
| Социальная ответственность | Солодский С.А. |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Ильященко Д.П. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке: | |
| Реферат | |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 24.04.2023 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|---------------|
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | 24.04.2023 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------|---------------|---------|---------------|
| 3-10А81 | Кургинян Э.Н. | | 24.04.2023 г. |

Институт Юргинский технологический
 Направление подготовки Машиностроение
 ООП Оборудование и технология сварочного производства

Форма представления работы:

ВКР бакалавра

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 24.04.2023 г.

| Дата контроля | Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 25.01.2023 | Обзор литературы | 20 |
| 25.02.2023 | Объекты и методы исследования | 20 |
| 25.03.2023 | Расчеты и аналитика | 20 |
| 25.04.2023 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20 |
| 25..05.2023 | Социальная ответственность | 20 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | |

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------|---------------|---------|------|
| 3-10A81 | Кургинян Э.Н. | | |

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

| | |
|---------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| З-10А81 | Кургиняну Эдуарду Наировичу |

| | | | |
|---------------------|----------|-------------|---|
| Институт | ЮТИ ТПУ | Направление | 15.03.01 «Машиностроение» |
| Уровень образования | бакалавр | ООП | Оборудование и технология сварочного производства |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР): материально-технических энергетических человеческих | 11282,95 руб 224,4 руб 1336,69 руб |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов: Металл Проволока Газ | 68,458 кг 12,956 кг 1238 л |
| 3. Используемая система налогообложения ставка налогов ставка отчислений | общая 13% 30% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Определение капитальных вложений | |
| 2. Расчет составляющих себестоимости | |
| 3. Расчет количества приведенных затрат | |

Перечень графического материала:

| |
|--|
| 1. Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта) |
|--|

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком | 24.04.2023 г. |
|---|---------------|

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | | | | |
|-----------|----------------|------------------------|---------|---------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент | Ильященко Д.П. | к.т.н., доцент | | 24.04.2023 г. |

Задание принял к исполнению обучающийся:

| | | | |
|---------|---------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| З-10А81 | Кургинян Э.Н. | | |

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-10А81 | Кургиняну Эдуарду Наировичу |

| | | | |
|---------------------|----------------|--------------------|---|
| Институт | ЮТИ ТПУ | Направление | 15.03.01 «Машиностроение» |
| Уровень образования | бакалавр | ООП | Оборудование и технология сварочного производства |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> | <p>Производится восстановление ковша экскаватора. При восстановлении ковша экскаватора используется сталь марки <i>Hardox 600</i>. Сам ковш изготовлен из сталей 10ХСНД, 35ХГСА, Сталь 35 и ВСт3пс.</p> |
|--|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | <p>ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.</p> <p>ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.</p> <p>ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.</p> <p>Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.</p> <p>Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.</p> <p>Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.</p> <p>Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.</p> <p>Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.</p> |
|---|--|

| | |
|--|---|
| <p>2. Производственная безопасность:</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>1.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> | <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) <p>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p> |
| <p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>Вредные выбросы в атмосферу.</p> |
| <p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий | <p>Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.</p> |
| <p>Перечень графического материала:</p> | |
| <p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p> | <p>Лист-плакат Система вентиляции участка</p> |

| | |
|---|----------------------|
| <p>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</p> | <p>24.04.2023 г.</p> |
|---|----------------------|

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Солодский С. А. | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению обучающийся:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------|---------------|---------|------|
| З-10А81 | Кургинян Э.Н. | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 131 с., 5 рис., 24 табл., 65 источников, 5 прил., 7 л. графического материала.

Ключевые слова: СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ, РЕМОНТ, НАПЛАВКА, СИЛА СВАРОЧНОГО ТОКА, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ВРАЩАТЕЛЬ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СЕБЕСТОИМОСТЬ.

Объектом разработки является восстановление ковша экскаватора.

Цель работы: разработка технологии восстановления ковша экскаватора.

В процессе выполнения работ проводились изучение составных деталей изделия, определение марки стали, выбор метода сварки, выбор режимов сварки и сварочных материалов, нормирование операций, составление технологии восстановления, расчет необходимого количество оборудования и численности рабочих.

В результате выполнения работ выбраны режимы сварки и наплавки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы ремонтные операции. Посчитан коэффициент приведенных затрат.

Экономические показатели:

- капитальные вложения 51434 руб;
- себестоимость продукции 12844,05 руб/изд.×год;
- количество приведенных затрат 19528,33 руб/изд.×год.

ABSTRACT

Final qualifying work 131 p., 5 drawings, 24 tables, 65 sources, 5 applications, 7 p. graphic material.

Key words: FUSION WELDING, REPAIR, SURFACING, WELDING CURRENT POWER, WELDING EQUIPMENT, PRODUCTIVITY, GRINDER, DEVICES, INDUSTRIAL SAFETY, COST.

The object of development is the restoration of the excavator bucket.

Goal of the work. development of excavator bucket recovery technology.

In the course of the work, the study of the component parts of the product, the determination of the steel grade, the choice of the welding method, the choice of welding modes and welding materials, the standardization of operations, the preparation of a recovery technology, the calculation of the required amount of equipment and the number of workers were carried out.

As a result of the work, welding and surfacing modes were selected, welding equipment was selected, and repair operations were standardized. The coefficient of reduced costs is calculated.

Economic indicators:

- capital investments 51434 rubles;*
- cost of production 12844,05 rubles / ed. ×year;*
- the number of reduced costs 20559,2 rubles / ed. ×year.*

Содержание

| | |
|--|----|
| Обозначения, сокращения, нормативные ссылки | 16 |
| Введение | 18 |
| 1 Обзор и анализ литературы | 20 |
| 1.1 Способ восстановления деталей горнодобывающей техники, эксплуатирующийся в условиях севера | 20 |
| 1.1.2 Материалы и методика исследований | 22 |
| 1.1.3 Результаты и обсуждение | 23 |
| 1.1.4 Выводы | 25 |
| 1.2 Совершенствование технологии ремонта ковша экскаватора | 26 |
| 1.3 Заключение | 32 |
| 2 Объект и методы исследования | 33 |
| 2.1 Описание сварной конструкции | 33 |
| 2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции | 33 |
| 2.2.1 Требования к подготовке кромок | 34 |
| 2.2.2 Требования к сборке сварного соединения | 34 |
| 2.2.3 Требования к сварке при прихватке | 35 |
| 2.2.4 Требования к сварке | 35 |
| 2.2.5 Требования к контролю | 38 |
| 2.3 Методы и средства проектирования | 40 |
| 2.4 Постановка задачи | 40 |
| 3 Разработка технологического процесса | 42 |
| 3.1 Анализ исходных данных | 42 |
| 3.1.1 Основные материалы | 42 |
| 3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки | 50 |
| 3.1.3 Выбор сварочных материалов | 50 |
| 3.2 Выбор технологических режимов | 51 |
| 3.3 Выбор основного оборудования | 52 |
| 3.4 Выбор оснастки | 56 |

| | |
|--|----|
| 3.5 Составление схемы восстановления ковша | 56 |
| 3.6 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование | 57 |
| 3.7 Разработка технологической документации | 61 |
| 3.8 Техническое нормирование операций | 63 |
| 3.9 Материальное нормирование | 65 |
| 3.9.2 Расход сварочной проволоки | 66 |
| 3.9.3 Расход защитного газа | 67 |
| 3.9.4 Расход электроэнергии | 67 |
| 4 Разработка сборочно-сварочных приспособлений | 69 |
| 4.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений | 69 |
| 4.2 Расчёт элементов приспособления | 70 |
| 4.3 Разработка эксплуатационной документации на приспособление | 71 |
| 5 Проектирование участка сборки сварки | 73 |
| 5.1 Состав ремонтного цеха | 73 |
| 5.2 Расчёт основных элементов производства | 73 |
| 5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования | 74 |
| 5.2.2 Определение состава и численности рабочих | 75 |
| 5.3 Пространственное расположение производственного процесса | 76 |
| 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 78 |
| 6.1 Финансирование проекта и маркетинг | 78 |
| 6.2 Экономический анализ техпроцесса | 78 |
| 6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды | 79 |
| 6.2.1.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления | 80 |
| 6.2.1.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями | 81 |
| 6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции | 82 |
| 6.2.2.1 Определение затрат на основной металл | 83 |
| 6.2.2.2 Определение затрат на сварочные материалы | 84 |
| 6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату | 84 |

| | | |
|---------|---|-------------------------------|
| 6.2.2.4 | Определение затрат на силовую электроэнергию | 85 |
| 6.2.2.5 | Затраты на амортизацию и ремонт оборудования | 86 |
| 6.2.2.6 | Затраты на амортизацию приспособлений | 87 |
| 6.2.2.7 | Определение затрат на содержание помещения | 88 |
| 6.3 | Расчет технико-экономической эффективности | 89 |
| 6.4 | Основные технико-экономические показатели участка | 90 |
| 7 | Социальная ответственность | 91 |
| 7.1 | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 92 |
| 7.1.1 | Законодательные и нормативные документы | 93 |
| 7.2 | Производственная безопасность | 96 |
| 7.2.1 | Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды | 96 |
| 7.2.2 | Обеспечение требуемого освещения на участке | 102 |
| 7.2.3 | Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды | 103 |
| 7.2.4 | Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов | 105 |
| 7.3 | Экологическая безопасность | 106 |
| 7.4 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 108 |
| | Заключение | 109 |
| | Библиография | 110 |
| | Приложение А (Спецификация Ковш экскаваторный) | 117 |
| | Приложение Б (Спецификация Приспособление крепёжное) | 119 |
| | Приложение В (Операционная технологическая карта наплавки зубьев, выполняемой самозащитной порошковой проволокой) | 120 |
| | Приложение Г (Операционная технологическая карта приварки листа, выполняемой плавящимся электродом в смеси газов) | 122 |
| | Приложение Д (Инструкция по эксплуатации приспособления) | 124 |
| CD-R | | в конверте на обороте обложки |

| | |
|--|------------------------|
| Графический материал | На отдельных листах |
| ФЮРА.РС400L.164.00.000 СБ Ковш экскаваторный. Сборочный чертеж | Формат 2-А1 |
| ФЮРА.000001.164.00.000 СБ Приспособление крепежное. Сборочный чертеж | Формат А1 |
| ФЮРА.000002.164 ЛП План участка | Формат А1 |
| ФЮРА.000003.164 ЛП Технологическая схема сборки и сварки изделия | Формат А1 |
| ФЮРА.000004.164 ЛП Система вентиляции участка | Формат А1 |
| ФЮРА.000005.164 ЛП Основные технико-экономические показатели | Формат А1 |
| ФЮРА.000006.164 ЛП Карта организации труда на производственном участке. | Формат А1 |

Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

НПТ – наплавка на постоянном токе;

НМТ – наплавка модулированным током;

УСП – универсально-сборные приспособления;

ПТД – проектно-технологическая документация;

ВИК – визуальный и измерительный контроль;

СТК – служба технического контроля;

КПД – коэффициент полезного действия;

ИТР – инженерно-технические работники;

МОП – младший обслуживающий персонал;

ОСТ 12.44.107-79 – Изделия угольного машиностроения. Общие технические требования к изготовлению;

СНиП 3.03.01-87 – Несущие и ограждающие конструкции;

СТО 9701105632-003-2021 – Инструкция по визуальному и измерительному контролю;

ТУ 14-1-4632-93 – Прокат листовой и полосовой термообработанный повышенного качества. Технические условия;

ГОСТ 18895-97 – Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа;

ГОСТ 4543-71 – Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия;

ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные;

ГОСТ 19903-74 – Прокат листовой горячекатаный. Сортамент;

ГОСТ 8479-70 – Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия;

ГОСТ 1577-93 – Прокат толстолистовой и широкополосный из конструкционной качественной стали. Технические условия;

ГОСТ 14637-89 – Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия;

ГОСТ 26101-84 – Проволока порошковая наплавочная. Технические условия;

ГОСТ Р ИСО 14175-2010 – Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов;

ГОСТ 3242-69 – Соединения сварные. Методы контроля качества

ГОСТ Р ИСО 17637-2014 – Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением;

ГОСТ 8.051-81 – Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм;

ГОСТ 6996-66 – Сварные соединения. Методы определения механических свойств;

ГОСТ 7798-70 – Болты с шестигранной головкой класса точности В;

ГОСТ Р 2.601-2019 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы»;

ГОСТ Р 2.610 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов».

Введение

Экскаваторы предназначены для разработки и перемещения грунта. Одноковшовые экскаваторы появились полтора века назад. В России они впервые были применены при строительстве железной дороги Петербург - Москва. Выпуск экскаваторов в начале XX в. был организован на Путиловском заводе [1].

Грунт, по своим физическим свойствам, бывает, как довольно мягким, так и обладающим значительной твердостью. Но не смотря на свойства грунта, ковш экскаватора подвергается износу и постепенному выходу из строя, меняется только скорость износа. Во время выполнения работы износу подвергаются зубья, режущая кромка, истирание боковых стенок.

Износ зубьев. При работе на изношенных зубьях, особенно в тяжелых или мерзлых грунтах, увеличивается сопротивление грунта резанию на 20-30% и снижается производительность экскаватора на 10-16%. При первой возможности изношенные зубья следует заменить запасными или реставрировать наваркой твердым сплавом при малом износе или приваркой наделок из рессорной стали при сильном износе.

Износ режущей кромки: больше всего изнашивается кромка челюсти между зубьями и по краям; восстанавливают кромку наваркой; при очень длительной эксплуатации протирается передняя стенка ковша. Если по ремонтным условиям ее нельзя заменить, с наружной стороны на нее наваривают стальные полосы, размер которых зависит от степени износа.

Истирание боковых стенок, происходящее при длительной эксплуатации в течение 3-5 лет, а при недостаточной смазке значительно скорее. Поэтому применяют только чугунные вкладыши седла; даже временная замена их стальными совершенно недопустима [2].

Покупка и замена ковша экскаватора на новый требует значительных материальных затрат, плюс затраты на утилизацию старого ковша. Поэтому

более экономически выгодным является восстановительный ремонт изношенного ковша.

Использование технологии сварки в среде защитных газов при ремонте ковша экскаватора является наиболее актуальным.

Целью работы разработка является разработка технологии восстановления ковша экскаватора.

Задачами выполнения работы являются: анализ конструкции, выбор сварочного оборудования, нормирование операций, выбор и расчёт основных элементов производства, рациональное размещение элементов производства в цехе.

Объектом разработки является процесс восстановления ковша экскаватора.

Предметом разработки является проектирование участка восстановления ковша экскаватора.

1 Обзор и анализ литературы

1.1 Способ восстановления деталей горнодобывающей техники, эксплуатирующийся в условиях севера

Коронки ковшей экскаваторов (рисунок 1.1) одними из наиболее изнашиваемых деталей, которые приходят в соприкосновение с горной породой и разрушают ее, подвергаясь при этом ударно-абразивному износу.



Рисунок 1.1 – Изношенные коронки зубьев ковша экскаватора *Komatsu PC400-7* по сравнению с начальными размерами коронки в состоянии заводской поставки (желтый цвет)

Наиболее эффективным способом восстановления утраченной геометрии детали или придания ей новой формы, образования поверхностного слоя с заданными физико-механическими свойствами (такими как повышенная твердость, износостойкость, антифрикционность, коррозионная стойкость, жаростойкость и пр.) является наплавка [3]. Известны различные виды наплавки, применяемые на производстве, в том числе ручная дуговая покрытым электродом, полуавтоматическая и автоматическая дуговая порошковой проволокой или проволокой сплошного сечения с защитой дуги газом или флюсом, плазменно-порошковая,

электрошлаковая, вибродуговая, газовая ручная, газовая автоматическая и др. [4-6].

Вместе с тем ручная дуговая наплавка покрытыми электродами относится к основному способу, применяемому в промышленности, в силу ее простоты, удобства, отсутствия необходимости в специальном оборудовании. В ремонтных участках горнодобывающих предприятий для восстановления геометрических размеров деталей наплавкой широко используются сварочные электроды марки УОНИ 13/55 (тип Э50А), а для создания упрочняющего поверхностного слоя наплавочные электроды – Т590. Как правило, ручная дуговая наплавка производится покрытыми электродами на постоянном токе. Однако выбор технологии наплавки и рецептурного состава материала покрытия для конкретных условий эксплуатации до сих пор является сложной научно-технической задачей, поскольку восстановленные детали с применением традиционных технологий на постоянном токе по сравнению с новыми расходными изделиями имели малый ресурс и быстро выходили из строя.

Ранее на основе экспериментальных исследований нами было установлено [7], что наплавленные слои металла, полученные импульсно-дуговой наплавкой электродами УОНИ 13/55, имеют повышенное содержание марганца и значений ударной вязкости, мелкозернистую структуру по сравнению с ручной дуговой наплавкой на постоянном токе, а также более сглаженный вид микротвердости наплавленного слоя.

Отмеченные достоинства импульсно-дуговой наплавки достигаются направленной кристаллизацией сварочной ванны и усилением гидродинамических процессов в расплавленном металле, способствующим интенсивной дегазации сварочной ванны и равномерному распределению легирующих элементов по всему объему расплава.

При импульсно-дуговой наплавке на основной сварочный ток непрерывно горящей дуги налагают кратковременные импульсы тока, которые ускоряют перенос капель металла и позволяют контролировать их

размер [8]. При наложении на дугу импульсов определенной энергии и частоты достигается управляемый перенос электродного металла с минимальным разбрызгиванием. Это позволяет осуществлять наплавку в различных пространственных положениях [5].

1.1.2 Материалы и методика исследований

Для получения наплавленных слоев использовались сварочные аппараты «ДУГА-318М1» – для ручной дуговой сварки и наплавки на постоянном токе (НПТ) и инверторный источник питания «ФЭБ-315 МАГМА», реализующий адаптивный импульсно-дуговой режим сварки и наплавки (– НМТ).

Наплавку порошковой проволоки производили сварочным полуавтоматом *VarioSynergic 5000-2*. Электродуговую наплавку проб производили в один слой в нижнем положении на пластины и на материал коронки. При всех случаях использованы стандартные энергетические режимы наплавки, рекомендуемые для каждого сварочного материала.

Структуру и свойства сварных соединений исследовали на образцах по стандартным схемам. Структурные исследования производили на металлографическом микроскопе *METAM PB 21* с мультимедийной насадкой. Микротвердость измеряли на приборе *Leco LM 700* при нагрузке на индентор 980,7 мН, время выдержки составляло 15 с. Определение химического состава сталей коронок и наплавленного металла проведено с помощью стационарного оптико-эмиссионного анализатора «*Foundry-Master*» в соответствии с ГОСТ 18895-97.

1.1.3 Результаты и обсуждение

Результаты спектрального анализа сталей коронок зубьев ковша экскаватора и рыхлителя бульдозера, а также наплавленных слоев металла самозащитной порошковой проволоки ПП 70Х4МЗГ2ФТР и электродов Т590, полученных различными сварочными режимами – наплавкой постоянным и модулированным током, приведены в таблице.

По химическому составу стали коронок наиболее близки к отечественной улучшаемой легированной конструкционной стали 35ХГСА (ГОСТ 4543-71). Содержание всех основных легирующих элементов (марганец, медь, никель, хром, молибден) в наплавленном слое электрода Т-590, полученном при НПТ, меньше по сравнению с содержанием этих элементов в слое наплавленного металла, полученного при НМТ. Уменьшение содержания легирующих элементов при наплавке на постоянном токе происходит за счет более интенсивного выгорания легирующих элементов из-за повышенного тепловложения по сравнению с импульсно-дуговой наплавкой [7, 8].

Структура наплавленного металла, полученного при НПТ, представлена резко выраженными границами кристаллов, наблюдается упорядоченная ориентация зерен с образованием закалочных структур (рисунок 1.2, а). Наплавленный металл, полученный при НМТ, характеризуется более однородной и равномерной структурой (рисунок 1.2, б).

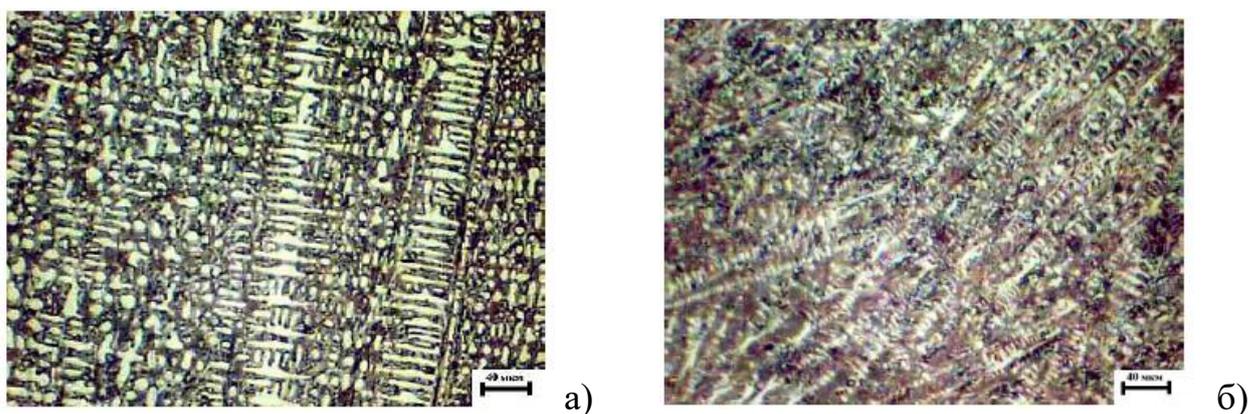


Рисунок 1.2 – Микроструктура наплавленного слоя, полученного электродами Т590, х500: а – при постоянном токе (НПТ), б – при модулированном токе (НМТ)

При наплавке без предварительного подогрева электродами Т590 при постоянном и модулированном токах в наплавленных слоях наблюдались множественные трещины в зонах с повышенной микротвердостью.

Микроструктура наплавленного слоя порошковой проволоки, полученного с помощью полуавтоматической сварки, представлена расплавленными частицами круглой формы (рисунок 1.3), которые состоят из соединений железа, углерода, хрома, марганца, молибдена и ванадия.

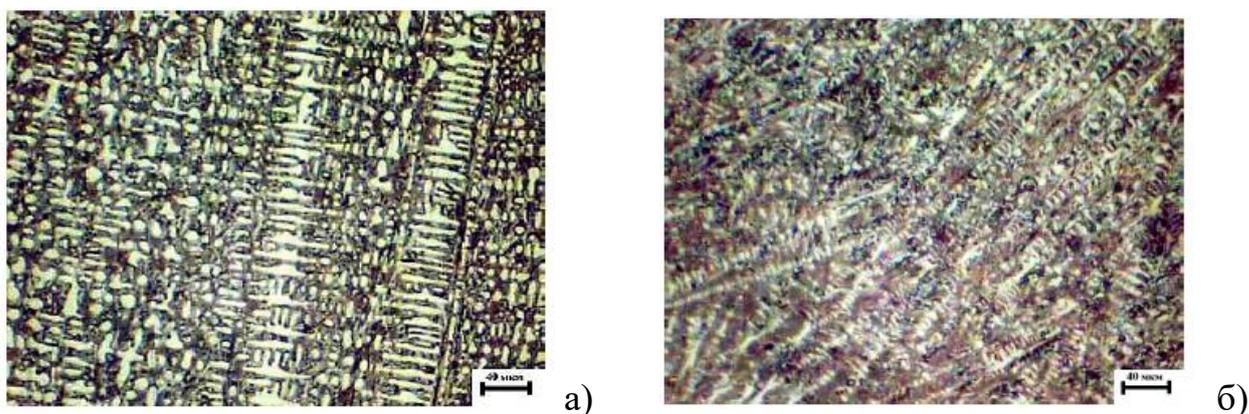


Рисунок 1.3 – Микроструктура наплавленного слоя, полученного электродами Т590, х500: а – при постоянном токе (НПТ), б – при модулированном токе (НМТ)

Для повышения работоспособности в условиях ударно-абразивного износа и с целью сохранения геометрии, восстановленной путем импульсно-дуговой наплавки детали на восстановленную деталь наносили упрочняющий слой порошковой проволоки. Наплавка велась в один слой вдоль оси восстановленной детали, причем длина наплавляемого валика должна быть больше размера износа зуба и заканчиваться на неизношенной части подложки с перекрытием не менее одного сантиметра, что обеспечит требуемую ударно-изгибную прочность.

Натурные испытания коронок рыхлителей бульдозеров и последующее использование восстановленных данным способом элементов на горнодобывающих предприятиях Республики Саха (Якутия) показали их достаточную работоспособность, сравнимую с их заводскими аналогами. Экономический эффект от использования данного способа восстановления изношенных деталей, рассчитанный с учетом себестоимости (стоимость материалов, электроэнергии, ФОТ, амортизация оборудования, накладные расходы и т.п.), составил около 25 %.

1.1.4 Выводы

Анализ химического состава наплавленных слоев электродами Т590 показал, что при наплавке постоянным током содержание основных легирующих элементов (марганец, кремний, никель, хром) меньше, чем при импульсно-дуговой наплавке. Наплавленный металл, полученный при наплавке модулированным током, характеризуется более однородной среднедисперсной структурой со значениями микротвердости до 4700 МПа. Однако при наплавке электродами Т590 без предварительного подогрева могут образоваться трещины.

Микроструктура наплавленного металла, полученная самозащитной порошковой проволокой, имеет равномерную среднedisперсную структуру с микротвердостью до 4500 МПа. В исследованных пробах трещины в наплавленном слое отсутствовали.

Для обеспечения высокой сопротивляемости ударно-абразивному износу восстановленного наплавкой элемента горнодобывающей техники при наложении упрочняющего слоя рекомендуется использовать порошковую проволоку.

Предлагаемый способ восстановления изношенных коронок зубьев экскаваторов и рыхлителей бульдозеров представляет собой достаточно простые операции с широко применяемым в промышленности оборудованием и может использоваться в труднодоступных местах для получения деталей с высокими эксплуатационными показателями.

Натурные испытания и последующее использование восстановленных данным способом изношенных деталей (коронок рыхлителей бульдозеров и зубьев ковшей экскаваторов) на горнодобывающих предприятиях Республики Саха (Якутия) показали их достаточную работоспособность, а экономический эффект составил около 25 % [9].

1.2 Совершенствование технологии ремонта ковша экскаватора

В настоящее время при проведении ремонта ковша экскаватора, а именно восстановления изношенной передней стенки, используется сталь 09Г2С. Ремонт осуществляется следующим образом:

1) На боковые грани передней стенки ковша, которые чаще всего истираются во время использования оборудования, привариваются обрезанные зубья ковша, выполненные из стали 09Г2С.

2) Пята, в которую входит засов днища ковша, также обваривается материалом из стали 09Г2С.

3) Основная часть передней стенки днища ковша обваривается кусками металла, вырезанными из брони, используемой в дробилках и выполненных также из вышеприведенного материала.

4) При нехватке ремонтного материала или достаточно сильном износе передней стенки ковша, при помощи воздушно-дугового резака, разрезают в местах соединения двух частей и, вместо старой изношенной передней стенки, ставят и приваривают новую стенку ковша.

Восстановление данным способом – наплавкой сталью 09Г2С – не позволяет увеличить срок службы ковша на длительное время и требует частого проведения ремонтно-восстановительных работ.

Выполним поиск альтернативных износостойчивых материалов для восстановления ковша наплавкой и проведем их сравнительный анализ с целью выбора рационального варианта.

Сталь типа XAR [10].

Данный материал используется в тех отраслях промышленности, где применение сталей с высоким сопротивлением к износу позволяет продлить срок службы оборудования и снизить затраты на обслуживание.

Существуют следующие разновидности стали типа XAR:

- сталь XAR 300. Износостойкая сталь, которая имеет твердость по шкале Бринелля 270 НВ, имеет хорошие соотношения цены к эксплуатационным характеристикам;

- сталь XAR 400. Обладает твердостью в промежутке от 370 НВ до 430 НВ. Данный материал наиболее часто используется в производстве, по сравнению с другими типами стали XAR, обладает хорошей свариваемостью, пригоден к холодной штамповке, а также используется в условиях с высоким сопротивлением к износу;

- сталь XAR 450. Данный тип отличается от стали XAR 400 тем, что применяется для изготовления деталей, условия работы которых требуют еще больше износостойкости. Твердость стали находится в диапазоне от 420 до 480 по шкале Бринелля;

- сталь *XAR 500*. Износостойкая сталь твердостью 470-530 *HB*, пригодна к холодной штамповке и сварке;

- сталь *XAR 600*. Данная сталь используется в тех отраслях промышленности, где необходимо очень высокое сопротивление к абразивному износу, но не должно возникать ударных нагрузок на детали.

Сталь марки *DILLIDUR* [11].

Износостойкая листовая сталь, обладающая твердостью от 325 до 600 *HB*, относится к конструкционному классу сталей. Немецкая компания *Dillinget hutte gts* является производителем материала данного типа. Сталь обладает высокой прочностью благодаря особой технологии высокопрочной закалки и быстрого охлаждения в воде, что также придает ей требуемую жесткость. Из-за своего химического состава сталь марки *Dillidur* обладает хорошими свойствами, такими как: резка, сварка и гибка.

Сталь *Dillidur* разделена на следующие марки:

- марка *Dillidur 325L*. Мелкозернистая сталь, имеет твердость 325 по шкале Бринелля. Данный тип из всей линейки сталей *Dillidur* имеет самую маленькую износостойкость, ее можно использовать для деталей, работающих при повышенных температурах (до +500°C);

- марка *Dillidur 400V*. Конструкционная сталь, имеет твердость 400 *HB*. Имеет отличную свариваемость и пластичность;

- марка *Dillidur 450V*. Конструкционная сталь твердостью 450 *HB*. Обладает высокой твердостью и прочностью;

- марка *Dillidur 500V*. Является конструкционной сталью, которая имеет твердость 500 *HB*. Эта марка обусловлена самой высокой износостойкостью из всех типов сталей *Dillidur*;

- марка *Dillidur Impact*. Мелкозернистая конструкционная сталь, обладает твердостью 340 по шкале Бринелля. Из всех представленных сталей именно эта марка рекомендована для производства тяжелых сварных деталей для горнодобывающей и перерабатывающей отрасли.

Сталь марки *Hardox* [12].

Легированная горячекатаная сталь, которая относится к классу конструкционных сталей твердостью от 350 до 650 *HB*. Изготавливается мелкозернистая сталь Хардокс шведской компанией *SSAB Oxelösund AB*. В процессе производства сталь проходит закалку и отпуск. Производители сделали упор именно на устойчивость материала ко всем видам износа. Благодаря этому срок эксплуатации изделий и конструкций из *Hardox* в пять раз выше, чем у аналогичного металлопроката из других марок сталей.

Ниже представлены следующие разновидности стали *Hardox*:

- марка *Hardox HiTuf*. Сталь твердостью 350 *HB*, имеющая толщину от 40 мм до 160 мм и ширину 3350 мм;
- марка *Hardox 400*. Имеет твердость 400 по шкале Бринелля. Данный тип материала отличается своей высокой вязкостью, хорошей свариваемостью и гибкостью;
- марка *Hardox 450*. Сталь, обладающая твердостью 450 *HB*. *Hardox 450* характеризуется своей высокой устойчивостью к истиранию, сохраняя высокую вязкость и хорошую свариваемость;
- марка *Hardox 500*. Сталь твердостью 500 *HB*. Эта марка выделяется своей хорошей свариваемостью и гибкостью;
- марка *Hardox 550*. Данная марка стали является усиленной модификацией предыдущего типа, а именно *Hardox 500*. Сталь имеет твердость в 550 единиц по шкале Бринелля;
- марка *Hardox 600*. Сталь имеет твердость 600 *HB*. Данная марка отличается тем, что при высокой вязкости обеспечивает очень высокую твердость, а также из-за своей твердости может легко заменить стальное литье или даже ковкий чугун;
- марка *Hardox Extreme*. Сталь твердостью 650-700 *HB*. Хардокс Экстрим позиционируется, как самая твердая и прочная сталь в металлургии с повышенной устойчивостью к абразивному износу.

Отбеленный и белый чугун.

Белые чугуны – это чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита.

С увеличением в чугунах содержания углерода в структуре белых чугунов возрастает количество цементита, который присутствует как в виде самостоятельной фазы, так и в составе ледебурита и перлита. В результате заметно возрастают твердость и прочность чугуна при сжатии, но снижаются прочность на растяжение (σ_B) и особенно сильно пластичность (δ). Поэтому содержание углерода в чугунах ограничивается 3,7%, т.е. используются в основном белые доэвтектические чугуны.

Белые чугуны имеют высокую твердость по шкале Бринелля до 450-55 единиц, что обуславливает их высокую хрупкость, а также из-за высокой твердости они плохо поддаются обработке резанием. Из-за этих факторов белые чугуны мало применяются в машиностроении.

Сталинит.

Имеет весьма широкое распространение в промышленности. Несмотря на отсутствие вольфрама, сталинит обладает высокими механическими показателями, что в большинстве случаев удовлетворяет техническим требованиям. Также благодаря своей низкой температуре плавления 1300-1350°C он имеет существенные преимущества перед вольфрамосодержащими продуктами, которые расплавляются при температуре 2700°C. Для сталинита твердость наплавки по Роквеллу составляет 56 – 57 HRC, а по Бринеллю 590 – 600 HB.

На основании проделанного исследования можно сделать следующие выводы [13]:

1. Белый или отбеленный чугун. Данные материалы являются хрупкими, особенно при ударных нагрузках, которые возникают при добыче породы. Это качество показывает основной недостаток сплава и дальнейшее его использование для наплавки не целесообразно, так как во время проведения горных работ по добыче скальной горной массы наплавленный чугун может с легкостью треснуть, что приведет к недееспособности

рабочего оборудования экскаватора. Также чтобы осуществить наплавку чугуна на ковш нужно иметь специальное оборудование на предприятии.

2. Рассмотрим сталь *XAR*. Из всех перечисленных марок, наибольший предел прочности имеет сталь *XAR 600*. С одной стороны, ее можно было бы использовать для наплавки на переднюю стенку ковша, так как эта сталь имеет высокое сопротивление к абразивному износу. Но недостатком является то, что при добыче полезного ископаемого происходят удары, а этот тип стали не воспринимает ударные нагрузки, что, собственно, является недопустимым.

3. Стали марки *Dillidur*. Рассмотрим типы *Dillidur 500V* и *Dillidur Impact*. Первый вид стали имеет самый высокий предел прочности из всей линейки, что является хорошим достоинством. *Dillidur Impact* же характеризуется высокой стойкостью к истиранию, прочностью и отличной свариваемостью, но из-за своей низкой, по сравнению с другими видами сталей, прочности не рационален для дальнейшего использования в ходе работы.

4. Сталинит. Данный сплав является отличным материалом для наплавки передней стенки ковша. Он имеет довольно высокую прочность, что позволяет увеличить с его помощью срок службы.

Но есть материалы и прочнее, например сталь *Hardox*.

5. Сталь типа *Hardox*. Изучим такие марки, как: *Hardox 500*, *Hardox 550*, *Hardox 600*, *Hardox Extreme*. Все перечисленные металлы хорошо воспринимают абразивный износ, имеют отличную свариваемость, легко обрабатываются и режутся инструментом. Но рациональнее всего будет использовать *Hardox 600*, так как эта сталь имеет отличную твердость и прочность в металлургии с высокой устойчивостью к абразивному износу. Также этот металл имеет отличные механические свойства, а именно легко обрабатывается, сваривается и режется. Несмотря на очень высокую твердость, этот материал также обладает весьма высокой ударной вязкостью, что позволит использовать ее для добычи высокоабразивных горных пород.

Представляется целесообразным выбрать сталь *Hardox 600*, так как данный твердосплавный металл имеет множество достоинств по сравнению с другими материалами, а именно: высокую ударную вязкость при очень высокой твердости; отличную механическую обработку, свариваемость и резку. Также при приварке данного материала на переднюю стенку ковша, будут достигнуты такие эффекты, как [13]:

- увеличение твердости;
- увеличение износостойкости;
- увеличение срока службы ковша экскаватора;
- уменьшение эксплуатационных расходов на ремонт, так как он будет проводиться реже.

1.3 Заключение

На основании рассмотренных выше работ предлагается для восстановления зубьев ковша экскаватора применять наплавку самозащитной порошковой проволокой ПП 70Х4МЗГ2ФТР.

Основную часть передней стенки днища ковша обваривать листами, изготовленными из стали *Hardox 600*.

2 Объект и методы исследования

2.1 Описание сварной конструкции

Ремонтируемое изделие – ковш экскаватора. Ковш экскаватора – рабочий орган экскаватора, представляющий собою чашеобразную ёмкость, снабженную зубьями, ножами и специальными приспособлениями для крепления. Ковши экскаваторов имеют зубья для внедрения в грунт. Зубья ковша должны быть прочными, для того чтобы обеспечить высокую износостойчивость и длительный срок службы ковша. Конструкция изделия представлена на чертеже ФЮРА.РС400L.164.00.000 СБ. Спецификация ковша экскаватора приведена в приложении А.

Габаритные размеры изделия: 1456 x 1600 x 1521 мм.

Масса: 1794 кг.

2.2 Требования НД, предъявляемые к конструкции

Экскаваторы направляют в ремонт, если они выработали установленный нормативно-технической документацией ресурс и при условии, что соответствующего предельного состояния достигли одновременно не менее трех основных составных частей из числа следующих: двигатель, главный редуктор, редукторы хода и поворота, опорно-поворотный круг, ведущие мосты (для пневмоколесных экскаваторов).

Признаки предельного состояния ковша [14]:

- износ режущей кромки;
- трещины днища и стенок ковша;
- обрыв проушин ковша.

Технические условия изготовления сварной конструкции предусматривают технические условия на основные материалы, сварочные материалы, а также требования, предъявляемые к заготовкам под сборку и сварку, к сварке и к контролю качества сварки.

В связи с тем, что экскаватор работает в карьере по добыче угля, ремонт будет производиться согласно ОСТ 12.44.107-79 «Изделия угольного машиностроения. Общие технические требования к изготовлению».

2.2.1 Требования к подготовке кромок

Зазоры между деталями и разделка кромок, собранными под сварку, смещения кромок деталей при стыковой сварке и геометрические размеры сварных швов должны соответствовать требованиям ГОСТ 14771-76 [6].

Изделия, не принятые техническим контролем, на сборку под сварку не допускаются.

Кромки изделий, подлежащие сварке, и прилегающие к ним поверхности, а также места под контактную сварку должны быть сухими и не иметь сплошной и подповерхностной коррозии, литейного пригара, любых покрытий и загрязнений на ширине, превышающей не менее чем на 10 мм величину катета или ширину сварного шва [15].

2.2.2 Требования к сборке сварного соединения

В серийном и массовом производствах сборка под сварку должна производиться на сборочных плитах, стендах, стеллажах, в кондукторах, переналаживаемой оснастке УСП и других приспособлениях, обеспечивающих требуемое расположение деталей.

Простейшие неответственные конструкции допускается собирать без приспособлений.

Собранная конструкция подлежит приемке техническим контролем [15].

2.2.3 Требования к сварке при прихватке

Соединение деталей при сборке стальных конструкций следует производить посредством прихваток, которые накладываются в местах расположения швов, и приваркой технологических креплений.

Прихватки, выполненные в случае необходимости вне расположения швов, и технологические крепления после сварки должны удаляться и зачищаться до основного металла, кроме случаев, оговоренных в чертеже. Прихватки, расположенные между участками прерывистого шва, допускается не удалять.

Размеры сечения прихваток должны составлять 0,7 размеров сечения шва, но не более 6 мм (при последующей сварке прихватки должны быть перекрыты швом). Прихватки с катетом более 6 мм оговариваются в технологической документации.

Прихватки необходимо выполнять теми же материалами, что и сварной шов, по режимам, установленным для сварки.

По окончании сборочных работ швы прихваток и места под сварку должны быть зачищены от шлака и брызг металла [15].

2.2.4 Требования к сварке

Порядок наложения швов и режимы сварки должны обеспечивать минимальные сварочные напряжения и деформации.

При двухсторонней сварке с разделкой кромок перед наложением шва с обратной стороны корень ива должен быть удален до «здорового» металла.

При выполнении сварки прерывистым швом концы деталей должны быть проварены независимо от шага шва.

По окончании сварочных работ сварные швы должны быть очищены от шлака и брызг металла.

Сверка стальных конструкций должна производиться лицами, имеющими удостоверение, в квалификация которых соответствует выполняемой работе.

Сварочные работы должны производиться, как правило, в закрытых помещениях при положительной температуре окружающего воздуха [15].

Предельные отклонения несопрягаемых размеров, получающихся после сварки, не должны превышать значений, указанных в таблице 2.1 [15].

Таблица 2.1 – Предельные отклонения несопрягаемых размеров [15]

| Интервал номинальных размеров, мм | Предельные отклонения размеров между поверхностями, ± | |
|--|---|---|
| | обработанными резанием | не обработанными резанием |
| До 180 вкл. | 1,5 мм | 2,0 мм |
| Св. 180 до 260 вкл. | 1,5 мм | 2,5 мм |
| " 260 " 500 " | 2,0 мм | 3,0 мм |
| " 500 " 3150 " | $\frac{JT16}{2}$ по ОСТ 12.44.111-79 | $\frac{JT17}{2}$ по ОСТ 12.44.111-79 |
| "3150 " 10000" | $\frac{JT16}{2}$ по СТ СЭВ 177-75 | $\frac{JT16}{2}$ по СТ СЭВ 177-75 |
| Примечание. Если требуемую точность конструкции невозможно обеспечить сваркой, то ее следует достигать за счет последующей обработки резанием. | | |

Для предупреждения образования трещин сварку первого корневого слоя многопроходного шва соединений с разделкой кромок необходимо выполнять с соблюдением следующих условий:

- сварку производить на пониженном режиме (в соответствии с данными табл. 13 и 16 рекомендуемого приложения 5) [16];
- при сварке проволокой диаметрами 1,2 мм высота валика не должна быть менее 5 мм.

В многослойных швах перед наложением каждого последующего шва предыдущий должен быть очищен от шлака [17].

Сварные соединения элементов с толщиной стенки более 6 мм подлежат маркировке с указанием шифров клейм сварщиков, позволяющих идентифицировать сварщиков, выполнявших сварку. Необходимость и способ маркировки сварных соединений с толщиной стенки менее 6 мм устанавливаются требованиями ПТД. Способ маркировки должен исключать наклёп, подкалку или недопустимое уменьшение толщины металла и обеспечить сохранность маркировки в течение всего периода эксплуатации технического устройства.

При выполнении сварного соединения несколькими сварщиками на нем должны быть поставлены клейма всех сварщиков, участвовавших в сварке.

При выполнении всех сварных соединений одним сварщиком допускается указывать шифр клейма сварщика в доступном для осмотра месте, заключённом в рамку, наносимую несмываемой краской. Место маркировки в таком случае должно быть указано в паспорте технического устройства [17].

2.2.5 Требования к контролю

Контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится: ВИК в объеме 100 %.

Результаты контроля качества сварных соединений стальных конструкций должны отвечать требованиям СНиП 3.03.01-87 (пп. 8.56-8.76), которые приведены в приложении 14 [18].

При проведении ВИК освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного выявления дефектов, но не менее 500 Лк. [19, 20].

Окраску поверхностей стен, потолков, рабочих столов и стенов на участках визуального и измерительного контроля рекомендуется выполнять в светлых тонах (белый, голубой, желтый, светло-зеленый, светло-серый) для увеличения контрастности контролируемых поверхностей деталей (сборочных единиц, изделий), повышения контрастной чувствительности глаза, снижения общего утомления специалиста, выполняющего контроль.

Для выполнения контроля должен быть обеспечен достаточный обзор для глаз специалиста. Подлежащая контролю поверхность должна рассматриваться под углом более 30° к плоскости объекта контроля и с расстояния до 600 мм [19, 20].

Шероховатость зачищенных под контроль поверхностей деталей, сварных соединений, а также поверхность разделки кромок деталей (сборочных единиц, изделий), подготовленных под сварку, должна быть не более $Rz\ 80$ [19, 20].

Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных дефектов следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5-10-кратным увеличением.

При внешнем осмотре качество сварных соединений конструкций должно удовлетворять требованиям таблицы П14.1 [18].

Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений конструкций не допускаются и должны быть устранены с последующей заваркой и контролем.

Контроль швов сварных соединений конструкций неразрушающими методами следует проводить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром.

Выборочному контролю швов сварных соединений, качество которых, согласно проекту, требуется проверять неразрушающими физическими методами, должны подлежать участки, где наружным осмотром выявлены дефекты, а также участки пересечения швов. Длина контролируемого участка не менее 100 мм.

В швах сварных соединений конструкций, возводимых или эксплуатируемых в районах с расчетной температурой ниже минус 40 °С до минус 65 °С включительно допускаются внутренние дефекты, эквивалентная площадь которых не превышает половины значений допустимой оценочной площади (см. таблицу П14.4 [18]). При этом наименьшую поисковую площадь необходимо уменьшить в два раза. Расстояние между дефектами должно быть не менее удвоенной длины оценочного участка.

В соединениях, доступных сварке с двух сторон, а также в соединениях на подкладках суммарная площадь дефектов (наружных, внутренних или тех и других одновременно) на оценочном участке не должна превышать 5 % площади продольного сечения сварного шва на этом участке.

В соединениях без подкладок, доступных сварке только с одной стороны, суммарная площадь всех дефектов на оценочном участке не должна превышать 10 % площади продольного сечения сварного шва на этом участке.

2.3 Методы и средства проектирования

Проектирование – это практическая деятельность, целью которой является поиск новых решений, оформленных в виде комплекта документации. Процесс поиска представляет собой последовательность выполнения взаимообусловленных действий, процедур, которые, в свою очередь, подразумевают использование определенных методов.

Методы проектирования, применяемые в дипломной работе:

- расчет технологических режимов, элементов крепежных приспособлений, технического и материального нормирования операций. Расчеты производятся в программа *MathCad 14*;
- сконструировано крепежное приспособление. Чертеж приспособления выполнялся в программе *Компас-3D V16*.

2.4 Постановка задачи

Целью работы разработка является разработка технологии восстановления ковша экскаватора.

Задачами выполнения работы являются: анализ конструкции, выбор сварочного оборудования, нормирование операций, выбор и расчёт основных элементов производства, рациональное размещение элементов производства в цехе.

Технологический процесс должен обеспечить качество, экономичность, обеспечить оптимальный уровень механизации и автоматизации производства. Ремонт ковша экскаватора должен быть технологичным.

При выполнении выпускной квалификационной работы необходимо:

- 1) произвести выбор наиболее эффективного метода сварки и сварочных материалов;
- 2) подобрать сварочное оборудование;

- 3) произвести техническое нормирование операций, материальное нормирование;
- 4) необходимо рассчитать состав всех основных элементов производства;
- 5) произвести расчёт и конструирование оснастки;
- 6) разработать участок восстановления ковша экскаватора.

3 Разработка технологического процесса

3.1 Анализ исходных данных

3.1.1 Основные материалы

Ковш экскаватора – это цельносварная конструкция из элементов листового проката и литых деталей. Изготавливается из сталей следующих марок: 10ХСНД, 35ХГСА, Сталь 35 и ВСтЗпс. Передняя стенка днища ковша будет обвариваться листами, изготовленными из стали *Hardox 600*.

Химический состав и механические свойства стали 10ХСНД приведен в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 10ХСНД в % (ГОСТ 19903-74) [21]

| <i>C</i> | <i>Mn</i> | <i>Si</i> | <i>Cr</i> | <i>Ni</i> | <i>Cu</i> | <i>P</i> | <i>S</i> | <i>N</i> |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| до 0,12 | 0,5-0,8 | 0,8-1,1 | 0,6-0,9 | 0,5-0,8 | 0,4-0,6 | 0,035 | 0,040 | 0,008 |

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 10ХСНД [21]

| σ_T , МПа | σ_B , МПа | δ_5 , % |
|------------------|------------------|----------------|
| 350 | 390 | 19 |

10ХСНД – низколегированная сталь хорошо сваривается всеми способами сварки не имеющая склонности к отпускной хрупкости. Сталь предназначена для изготовления сварных металлоконструкций и различных изделий, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы, работающих при температуре окружающей среды от минус 70 °С до плюс 450 °С [22].

Химический состав и механические свойства стали 35ХГСА приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Химический состав стали 35ХГСА в % (ГОСТ 8479-70) [21]

| C | Si | Mn | Cr | S | P | Ni | Cu |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-------|------|------|
| | | | | Не более | | | |
| 0,32-0,39 | 1,10-1,40 | 0,8-1,10 | 1,10-1,40 | 0,025 | 0,025 | 0,30 | 0,30 |

Таблица 3.4 – Механические свойства стали 35ХГСА (ГОСТ 8479-70) [21]

| σ_B , Н/мм ² | σ_T , Н/мм ² | δ_5 , % | ψ , % | НВ |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-----|
| 1100 | 1000 | 12 | 54 | 322 |

Сталь 35ХГСА конструкционная легированная высококачественная. Сталь 35ХГСА применяется: для изготовления горячекатаного толстолистового проката; фланцев, кулачков, пальцев, валиков, рычагов, осей, деталей сварных конструкций и других улучшаемых деталей сложной конфигурации, работающих в условиях знакопеременных нагрузок [23].

Химический состав и механические свойства стали 35 приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5 – Химический состав стали 35 в % (ГОСТ 1577-93) [21]

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | N | Cu |
|-----------|-----------|-----------|----------|-------|------|------|------|-------|------|
| | | | Не более | | | | | | |
| 0,32-0,40 | 0,17-0,37 | 0,50-0,80 | 0,040 | 0,035 | 0,25 | 0,30 | 0,08 | 0,008 | 0,30 |

Таблица 3.6 – Механические свойства стали 35 (ГОСТ 1577-93) [21]

| σ_B , Н/мм ² | σ_T , Н/мм ² | δ_5 , % | ψ , % | KCU_{40} МДж/м ² |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------------|
| 520 | - | 21 | - | - |

Сталь 35 популярная марка углеродистой конструкционной стали, применяемой при производстве деталей и конструкций. Сталь 35 – спокойный по степени раскисления, качественный по показателям содержания серы и фосфора, нелегированный и ограниченно свариваемый

сплав. Отличается невысокой ценой и сравнительно широким диапазоном рабочих температур [24].

Химический состав и механические свойства стали ВСтЗпс приведены в таблицах 3.7 и 3.8.

Таблица 3.7 – Химический состав стали ВСтЗпс в % (ГОСТ 14637-89) [25]

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | As | Cu |
|-----------|-----------|-----------|----------|-------|------|------|------|------|
| | | | Не более | | | | | |
| 0,14-0,22 | 0,05-0,17 | 0,40-0,65 | 0,050 | 0,040 | 0,30 | 0,30 | 0,08 | 0,30 |

Таблица 3.8 – Механические свойства стали ВСтЗпс (ГОСТ 14637-89) [25]

| σ_B , Н/мм ² | σ_T , Н/мм ² | δ_5 , % | ψ , % | KCU_{40} МДж/м ² |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-------------------------------|
| 445 | 220 | 33 | 59 | 154 |

ВСтЗпс – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества, хорошо сваривается, сварка осуществляется без ограничений. Для толщины более 36 миллиметров рекомендуется подогрев и последующая термообработка, не склонна к флокеночувствительности, склонность к отпускной хрупкости отсутствует. Нашла свое применение в несущих и ненесущих элементах сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат (5-й категории) толщиной до 10 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от - 40 до +425 °С. Прокат от 10 до 25 мм – для несущих элементов сварных конструкций, работающих при температуре от -40 до +425°С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью [25].

Химический состав и механические свойства стали ВСтЗпс приведены в таблицах 3.9 и 3.10.

Таблица 3.9 – Химический состав стали *Hardox 600* в % [26]

| C | Si | Mn | S | P | Cr | Ni | Mo | B |
|----------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Не более | | | | | | | | |
| 0,47 | 0,70 | 1,50 | 0,010 | 0,015 | 1,20 | 2,50 | 0,07 | 0,005 |

Таблица 3.10 – Механические свойства стали *Hardox 600* [26]

| |
|---------|
| HBW |
| 570-640 |

Сверхтвердая, сверхпрочная сталь для применения в условиях экстремального износа.

Сталь *Hardox*® 600 с номинальной твердостью в 600 единиц по Бринеллю обладает поистине уникальным показателем ударной вязкости.

Эту сталь, идеально подходящую к применению в условиях экстремального износа, можно без малейших опасений подвергать резке и сварке благодаря ее исключительно высоким эксплуатационным характеристикам [26].

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [27].

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать

технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъёмное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объём сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия [28]:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить [28]:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;
- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;

- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;

- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы; вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов, и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы [28]:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [28]:

$$C_{\text{ЭКВ}}=C+2\times S+(P/3)+((Si-0,4)/4) +(Ni/8)+((Mn-0,8)/8) +(Cu/10)+(Cr-0,8/10), (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент $C_{\text{ЭКВ}}$ больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 10ХСНД:

$$C_{\text{ЭКВ}}= 0,12+2\times 0,03+(0,035/3)+((0,05-0,4)/4) +(0,3/8)+((1,3-0,8)/8) +(0,3/10)+ \\ +(0,3-0,8/10)= 0,307\%.$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 35ХГСА:

$$C_{\text{ЭКВ}}= 0,32+2\times 0,025+(0,025/3)+((1,1-0,4)/4) +(0,3/8)+((0,8-0,8)/8) +(0,3/10)+ \\ +(1,1-0,8/10)= 0,651\%.$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 35:

$$C_{\text{ЭКВ}}= 0,32+2\times 0,04+(0,035/3)+((0,17-0,4)/4) +(0,3/8)+((0,5-0,8)/8) +(0,3/10)+ \\ +(0,25-0,8/10)= 0,329\%.$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали ВСт3пс:

$$C_{\text{ЭКВ}}= 0,14+2\times 0,05+(0,04/3)+((0,05-0,4)/4) +(0,3/8)+((0,4-0,8)/8) +(0,3/10)+ \\ +(0,3-0,8/10)= 0,133\%.$$

Для стали, *Hardox*® 600 эквивалентное содержание углерода рассчитывается по формуле [26]:

$$CET=C+(Mn+Mo)/10+(Cr+Cu)/20+Ni/40. (3.2)$$

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для *Hardox*® 600:

$$CET=0,47+(1,5+0,07)/10+(1,2+0)/20+2,5/40=0,749 \%$$

Сталь 10ХСНД – низколегированная конструкционная ГОСТ 19903-74 [21]. Сталь ВСт3пс – конструкционная углеродистая ГОСТ 14637-89 [21]. Эти стали относятся к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [29]. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже минус 10 градусов по Цельсию). Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

Сталь 35 является углеродистой ГОСТ 1577-93 [21]. Сталь 35ХГСА – конструкционная легированная высококачественная ГОСТ 8479-70 [21]. Эти стали относятся ко второй группе свариваемости и обладают удовлетворительной свариваемостью [29]. Ограничения по свариваемости могут быть лишь по минимальной температуре окружающей среды (не ниже минус 10 градусов по Цельсию). При сварке низкоуглеродистых сталей легко обеспечить равнопрочность сварного шва основному металлу. Этому способствует ускоренное охлаждение шва. Кроме того, наплавленный металл иногда легируют небольшим количеством марганца и кремния через сварочную проволоку.

Сталь *Hardox*® 600 – износостойкая листовая сталь по ТУ 14-1-4632-93. Согласно источнику, эта сталь можно сваривать. Сталь *Hardox*® 600 не предназначена для дополнительной термообработки. Нужные механические свойства придаются ей путем закаливания, при необходимости, с последующим отпуском. Свойства в состоянии поставки не могут быть сохранены после воздействия температур свыше 250°C для плиты и 150°C для листов [26].

3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

Способы сварки при разработке технологии следует выбирать как из числа типовых, так и из числа специальных способов сварки, чтобы проектируемая технология наиболее соответствовала современным требованиям, была эффективной и перспективной.

Выбранный способ сварки должен удовлетворять требованиям, установленным исходными данными. Если в результате выбора предполагается несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической эффективности.

Согласно главе 1 восстановление зубьев будем выполнять наплавкой самозащитной порошковой проволокой ПП 70Х4МЗГ2ФТР.

Требуется выбрать способ сварки для приваривания листов из стали *Hardox*® 600. Согласно источнику [30] для стали *Hardox*® 600 рекомендованы следующие способы сварки: сварка полуавтоматом проволокой без покрытия, сварка полуавтоматом, обмедненной проволокой, сварка полуавтоматом, флюсонаполненная проволока, ручная дуговая сварка, дуговая сварка под флюсом, сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов.

Ручную дуговую сварку не применяем как малоэффективную. Поскольку в изделии нет протяженных швов выбираем сварку плавящимся электродом в среде защитных газов *Ar* и *CO₂* (*Ar* – 80%, *CO₂* – 20%) *ISO* 14175 – M21.

3.1.3 Выбор сварочных материалов

При выборе сварочной проволоки следует учитывать химический состав свариваемых сталей, химический состав проволоки должен быть близким к химическому составу стали. Для сварки в среде защитных газов

выберем сварочную проволоку *OK ARISTOROD 69* диаметром 1,2 миллиметра. Химический состав проволоки и механические свойства металла шва приведены в таблице 3.11 и 3.12.

Таблица 3.11 – Химический состав проволоки в % по *OK ARISTOROD 69* [31]

| С | Cr | Mn | Mo | Si |
|----------|------|------|------|------|
| не более | | | | |
| 0,089 | 0,26 | 1,54 | 0,24 | 0,53 |

Таблица 3.12 – Механические свойства при растяжении [31]

| σ_T , МПа | σ_B , МПа | δ , % |
|------------------|------------------|--------------|
| 715 | 805 | 17 |

Для наплавки применяется самозащитная порошковая проволока ПП 70Х4МЗГ2ФТР ГОСТ 26101-84 диаметром 2,8 миллиметра. Твердость наплавленного металла: 55-62 *HRC* [33].

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем смесь *ISO 14175-M21* двуокиси углерода с аргоном в соотношении 20% двуокиси углерода к 80% аргона (ГОСТ Р ИСО 14175-2010).

3.2 Выбор технологических режимов

Режимы сварки в *Ar + CO₂* для проволоки *OK ARISTOROD 69* показаны в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Режимы сварки в $Ar + CO_2$ для проволоки *OK ARISTOROD 69* [31]

| Диаметр проволоки, мм. | Сварочный ток, А | Напряжение, В. | Скорость сварки, м/ч. |
|------------------------|------------------|----------------|-----------------------|
| 1,2 | 220-260 | 22-26 | 5-9 |

Для сварки нахлесточного соединения с катетом 8 мм согласно литературы [32] принимается режим сварки: ток сварки $I_c = 220-260$ А, напряжение сварки $U=22-26$.

Режимы наплавки проволокой ПП-70Х4МЗГ2ФТР показаны в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Режимы наплавки проволокой ПП-70Х4МЗГ2ФТР [34]

| Диаметр проволоки, мм. | Сварочный ток, А | Напряжение, В. | Скорость наплавки, м/ч. |
|------------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| 2,8 | 260-300 | 26-30 | 8-12 |

3.3 Выбор основного оборудования

Выбираем источник сварочного тока и подающий механизм для механизированной сварки и наплавки порошковой проволокой. Для сварки в среде защитного газа ISO 14175-M21 плавящимся электродом нужен источник тока, обеспечивающий ток сварки $I_c = 260-300$ А, напряжение сварки $U_c = 26-30$ В. Согласно требуемым условиям, выбираем: сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2) [27].

Технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2) представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.15 – Технические характеристики сварочного полуавтомата
ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2) [35]

| Наименование параметра | Значение |
|---|----------------|
| 1 | 2 |
| Напряжение питания, 50Гц, В | 3x380 ± 10% |
| Номинальный сварочный ток, А, | 500 |
| Продолжительность включения, ПВ, при номинальном токе и цикле сварки 10 мин., (%) | 60 |
| Диапазон регулирования сварочного тока, А | 50-500 |
| Диапазон регулирования рабочего напряжения, В | 16 - 39,0 |
| Потребляемая мощность, кВА, не более, | 25,2 |
| Род сварочного тока | постоянный |
| Напряжение холостого хода, В, не более | 45,0 |
| Вид регулирования сварочного напряжения | ступенчатое |
| Число ступеней рабочего напряжения | 30 |
| Охлаждение | принудительное |
| Диаметр сплошной сварочной проволоки, мм | 0,8-2,0 |
| Диаметр порошковой сварочной проволоки, мм | 1,2-3,2 |
| Диаметр алюминиевой сварочной проволоки, мм | 1,0-3,2 |
| Кол-во ведущих роликов, шт. | 4 |
| Мощность двигателя подающего устройства, Вт. | 120 |
| Тип разъема сварочной горелки | евроразъем |
| Скорость подачи проволоки, м / ч | 35-1000 |
| Расход защитного газа, л / ч | 500-1200 |
| Индикация сварочного напряжения, тока и скорости | цифровая |
| Масса проволоки на кассете, кг, не более | 18 |
| Диаметр кассеты с проволокой, мм, не более | 300 |

Продолжение таблицы 3.15

| 1 | 2 |
|--|----------------------------|
| Габаритные размеры, (ДхШхВ) мм - механизм подачи: - источник питания (выпрямитель) | 705x265x210 875x575x965 |
| Масса, кг - механизм подачи: - источник питания (выпрямитель) | 22 150 |

Сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с выпрямителем ВС-500, с номинальным током 500А и питанием от 3-х фазной сети – современный надежный комплект оборудования для промышленной полуавтоматической дуговой сварки (*MIG/MAG*) на постоянном токе в среде защитных газов. Применяется для сварки малоуглеродистых, низко- и высоколегированных сталей сплошной или порошковой электродной проволокой. Полуавтомат разработан для эксплуатации в интенсивном режиме.

Преимущества [35]:

- простота настройки и поддержания режима сварки с помощью переключателей на выпрямителе;
- 30 ступеней регулирования напряжения позволяют настроить режим сварки с максимальной точностью;
- силовой трансформатор с медными обмотками, оптимизированный дроссель с 3-мя выводами для разных режимов;
- современная эргономичная конструкция корпуса с удобными функциональными ручками, большими колесами и петлями для поднятия;
- встроенная тележка с поворотными передними колесами для удобства перемещения, площадка под газовый баллон;
- высокопроизводительная качественная сварка, отличные характеристики зажигания дуги, минимальная последующая обработка швов благодаря низкому разбрызгиванию;

- питание подогревателя газа 36 В;
- защита от перегрева и перегрузок.

Достоинства механизма подачи [35]:

- переносной механизм подачи проволоки закрытого типа, установленный на поворотной турели, позволяет дистанционно включать и выключать выпрямитель кнопкой на горелке;
- комплектуется 4-х роликовым устройством подачи фирмы «*Cooptim*» с роликами 40 мм. для надежной подачи проволоки и использования горелок до 5 м;
- синергетическая система управления с цифровым дисплеем помогает сварщику выбрать оптимальный режим работы полуавтомата: достаточно задать толщину свариваемого металла и выбрать программу и на панели будут отображены рекомендуемые параметры сварки;
- 9 сварочных программ для различной толщины проволоки и вида газовой смеси;
- 4 режима сварки, существенно расширяют возможности полуавтомата: – непрерывная сварка в двухтактном режиме (2Т), – непрерывная сварка в четырехтактном режиме (4Т), – сварка точками (дуговыми заклепками) в режиме 2Т и 4Т, – сварка интервалами в режиме 2Т и 4Т;
- регулируемые функции: газ до сварки, газ после сварки, «мягкий старт» и «растяжка дуги»;
- соединительный кабель – пакет, жестко закрепляемый хомутами на выпрямителе и механизме подачи, включает кабель управления, сварочный кабель КГ 1х70 и газовый рукав.

3.4 Выбор оснастки

Оснастка технологическая – это совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок и инструмента, выполнения сборочных операций, деталей или изделий. Использование оснастки позволяет осуществить дополнительную или специальную обработку и/или доработку выпускаемых изделий.

При ремонте ковша экскаватора выбран двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6. Для установки ковша на сварочный вращатель нужно разработать приспособление крепежное, которое будет обеспечивать надежное удержание ковша экскаватора в сварочном вращателе во время переворота и выполнения ремонтных работ. Расчет и описание крепежного приспособления выполнены в пункте 4.1, а внешний вид показан на чертеже ФЮРА.000001.164.00.000 СБ. Спецификация крепежного приспособления приведена в приложении Б.

3.5 Составление схемы восстановления ковша

Ковш имеет следующие виды износа:

- стерты зубья ковша, процент износа в среднем составляет 15% от их длины;
- передняя стенка днища ковша имеет значительный износ, местами толщина стенки меньше 50% от изначальной.

Принято решение произвести восстановление зубьев методом наплавки порошковой самозащитной проволокой. Изношенная стенка днища ковша будет закрыта листом стали марки *Hardox*® 600.

На рисунке 3.1 показана схема восстановления ковша.

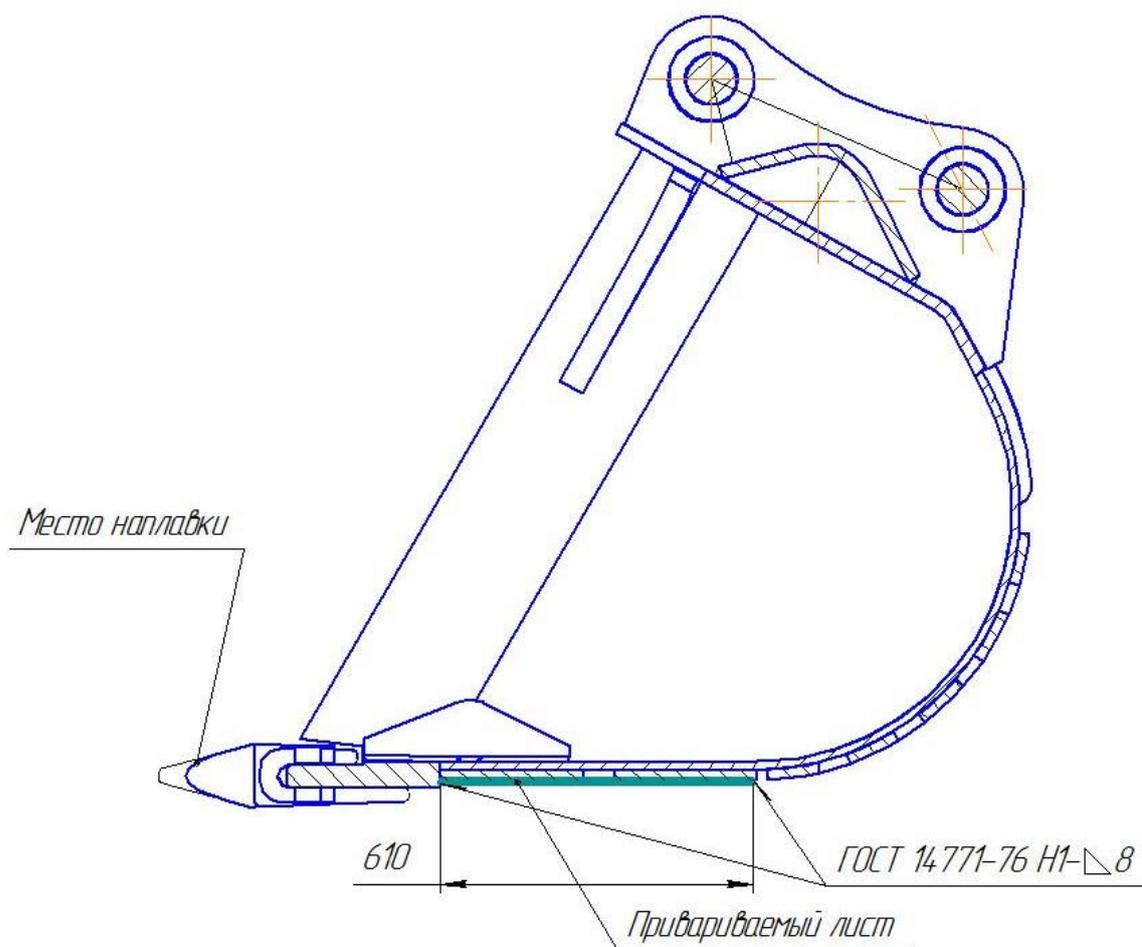


Рисунок 3.1 – Схема восстановления ковша

3.6 Выбор методов контроля. Регламент проведения. Оборудование

Обеспечение высокого качества сварочных работ – наиболее важная проблема в области сварки.

Качество сварных соединений в значительной мере определяет эксплуатационную надёжность и экономичность конструкции [36].

Операционный контроль сварочных работ.

Операционный контроль сварочных работ выполняется производственными мастерами службы сварки и контрольными мастерами службы технического контроля (СТК).

Перед началом сварки проверяется [36]:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;
- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен НТД или ПТД).

В процессе сварки проверяется [36]:

- режим сварки;
- последовательность наложения швов;
- размеры накладываемых слоев шва и окончательные размеры шва;
- выполнение специальных требований, предписанных ПТД;
- наличие клейма сварщика на сварном соединении после окончания сварки.

Контроль качества швов сварных соединений производится с целью выявления поверхностных, внутренних и сквозных дефектов.

Методы контроля качества швов сварных соединений – по ГОСТ 3242-69.

Контролю внешним осмотром и измерениями подлежат каждый сварной шов [36].

При ремонте ковша экскаватора применяется визуальный измерительный контроль сварных швов.

Проведение ВИК измерительного контроля регламентируется: ГОСТ Р ИСО 17637-2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением», СТО 9701105632-003-2021 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю», ГОСТ 8.051-81

«Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм». В них содержатся требования к квалификации персонала, средствам и процессу контроля, а также к способам оценки и регистрации его результатов [37].

По внешнему виду сварной шов должен соответствовать следующим требованиям:

- поверхность шва должна быть гладкой или равномерно чешуйчатой, высота чешуйчатости не должна быть более 1 мм;
- сварной шов не должен иметь наплывов, незаверенных кратеров, наплавленных кромок, прожогов и трещин.

При этом допускаются [36]:

- подрезы основного металла глубиной не более 0,5 мм при толщине свариваемого металла до 10 мм и глубиной не более 1 мм при толщине металла свыше 10 мм. Подрезы, превышающие указанные выше нормы, допускается исправлять заваркой тонким швом теми же электродами, что в основной шов;
- поверхностные поры, не превышающие 4 шт. на 0,4 м;
- брызги на сварном шве и околошовной зоне в труднодоступных местах, а также на швах, выполненных "под закрытие".

Сварной шов не должен иметь внутренних трещин.

Допускаются следующие внутренние дефекты швов [36]:

- непровары по сечению швов, выполненных двухсторонней или односторонней сваркой на подкладке, глубиной до 5% от толщины металла, но не более 2 мм при длине непровара до 50 мм в общей длине участков не более 200 мм на 1 м шва;
- непровары в корне шва, выполненного односторонней сваркой без подкладки, глубиной до 15% от толщины металла для толщин до 20 мм в не свыше 3 мм при толщине более 20 мм;
- суммарная величина дефектов (непровары, валковые включения в поры), не превышающих в рассматриваемом сечении двухсторонней сварке

10% от толщины свариваемого металла, но не более 2 мм, и при односторонней сварке без подкладки – 15%, но не более 3 мм.

Результаты контроля качества сварных соединений стальных конструкций должны отвечать требованиям СНиП 3.03.01-87 (пп. 8.56-8.76) [36].

Для визуального и измерительного контроля применяют: штангенциркуль 1 кл ШЦ-1-150, лупу измерительная 10х, линейку поверочную, УШС-4, образцы шероховатости $Rz80$, люксметр, угольник поверочный.

При необходимости контроля поверхностных дефектов более современными методами на чертеже должен быть указан метод и объем контроля.

Контроль внутренних дефектов должен производиться просвечиванием проникающими излучениями, ультразвуковым, магнитным или другими методами. Необходимость контроля, метод и объем его указываются на чертеже.

Методы контроля механических свойств сварных соединений по ГОСТ 6996-66. Необходимость и объем контроля также следует указывать на чертеже.

Контроль сварных швов, недоступных для осмотра после окончательной сварки конструкции, должен производиться до установки деталей, закрывающих эти швы. Клеймо должно наноситься на поверхности, не закрываемые деталями при последующей сварке.

Недопустимые дефекты сварного шва должны быть удалены обработкой резанием, воздушно-дуговой строжкой или другими способами огневой резки с последующей зачисткой поверхности до чистого металла и заварены.

Не допускается исправление дефектов, замеченных в сварных швах, испытываемых на герметичность.

Исправление дефектов в одном и том же месте допускается не более двух раз. При последующем обнаружении дефектов изделия должны быть разъединены, вновь подготовлены под сварку и сварены; при получении некачественного сварного шва изделия должны быть заменены новыми [36].

3.7 Разработка технологической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [38].

Разработка технологических процессов включает [38]:

1. расчленение изделия на сборочные единицы;
2. установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
3. выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты [38]:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;
- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;

- возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчётных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими и инструкционными картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать [38]:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки;
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов.

Ремонт ковша экскаватора следующую последовательность:

- ковш закрепляется на кантователе;
- выполняется зачистка мест восстановления от грязи и ржавчины;
- выполняется наплавка зубьев;
- производится определение размеров листа под закрытие износа передней стенки днища ковша;
- по полученным размерам вырезается лист;
- лист устанавливается по месту, выполняется прихватка и сварка;
- выполняется слесарная обработка наплавленных зубьев и

сварных швов;

- выполняется контроль.

Операционно-технологические карты ручной наплавки и сварки в защитном газе приведены в приложениях В и Г.

3.8 Техническое нормирование операций

Цель технического нормирования – установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени необходимого для выполнения заданной работы.

Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

Норма штучного времени для всех видов дуговой сварки [39]:

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{н.ш-к}} \times L + t_{\text{в.и}}, \quad (3.2)$$

где, $T_{\text{н.ш-к}}$ – неполное штучно-калькуляционное время;

L – длина сварного шва по чертежу;

$t_{\text{в.и}}$ – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования.

Неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва:

$$T_{\text{н.ш-к}} = (T_{\text{о}} + t_{\text{в.ш}}) \times \left(1 + \frac{a_{\text{обс.}} + a_{\text{отл.}} + a_{\text{п-з}}}{100} \right), \quad (3.3)$$

где, $T_{\text{о}}$ – основное время сварки;

$t_{\text{в.ш}}$ – вспомогательное время, зависящее от длины сварного шва;

$a_{\text{обс.}}$, $a_{\text{отл.}}$, $a_{\text{п-з}}$ – соответственно время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, подготовительно – заключительную работу, % к

оперативному времени. Для механизированной сварки в смеси газов плавящимся электродом сумма коэффициентов составляет 27% [39].

$$T_o = \frac{F_1 \times \gamma \times 60}{I_1 \times \alpha} + \frac{F_n \times \gamma \times 60}{I_n \times \alpha} \times n, \quad (3.4)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм²,

I – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

α_n – коэффициент наплавки, г/(А × ч).

Рассчитаем норму времени механизированной сварки в смеси газов и наплавки при ремонте ковша экскаватора.

Исходные данные:

- марка стали – 35ХСНД, *Hardox*® 600;
- марка электродной проволоки *OK ARISTOROD 69* и ПП-70Х4МЗГ2ФТР ГОСТ 26101-84;
- сварной шов нахлесточный без разделки;
- положение шва нижнее;
- коэффициент наплавки: для сварочной проволоки *OK ARISTOROD 69* при механизированной сварке составляет $\alpha_n = 5$ г/(А × ч); для сварочной проволоки ПП-70Х4МЗГ2ФТ при механизированной наплавке составляет $\alpha_n = 15$ г/(А × ч);.

Время наплавки (для расчета время наплавки по формулам 3.3 и 3.4 представим общий наплавленный металл в виде цилиндра длиной 1 м и сечением 1311 мм²):

$$T_o = \frac{1311 \times 7,85 \times 60}{300 \times 15} = 137,22 \text{ мин.}$$

Время сварки для нахлесточного шва Н1- $\nabla 8$ ГОСТ 14771-76:

$$T_o = \frac{42,6 \times 7,85 \times 60}{280 \times 5} = 14,33 \text{ мин.}$$

Определим время на наплавку зубьев.

Зачистка поверхности зубьев $t_1=34$ мин., предварительный подогрев зуба $t_2= 45$ мин., отпуск металла $t_3=63$ мин., зачистка зубьев $t_4=39$ мин., контроль $t_5=12$ мин.

$$1. t_{в.и} = 34+45+63+39+12=193 \text{ мин,}$$

$$3. T_{н.ш-к} = (137,22+0,75) \times \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 175,22 \text{ мин,}$$

$$4. T_{ш} = 175,22 \times 1,0 + 193 = 368,22 \text{ мин.}$$

Определим время на приварку листа.

Зачистка поверхности передней стенки днища ковша $t_1=15$ мин., масса листа $m_1=52,66$ кг; установка листа кран-балкой на приспособление $t_2=1,6$ мин. [40], предварительный подогрев листа $t_3= 28$ мин., зачистка шва $t_4=21$ мин., контроль $t_5=12$ мин.

Найдем время на прихватку:

$$1. 0,15 \times 42 = 6,3 \text{ мин.,}$$

$$2. t_{в.и} = 15+1,6+28+21+12+6,3=83,9 \text{ мин,}$$

$$3. T_{н.ш-к} = (14,33+0,75) \times \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 19,56 \text{ мин,}$$

$$4. T_{ш} = 19,56 \times 3,98 + 83,9 = 160,13 \text{ мин.}$$

Найдем общее время на ремонт котла:

$$T_{оп} = 368,22 + 160,13 = 528,35 \text{ мин.}$$

3.9 Материальное нормирование

Количество металла, идущего на изготовление изделия определяем по формуле [41]:

$$m_M = m \times k_o, \quad (3.6)$$

где m – вес одного изделия, кг (масса взята из подзаголовка 2.1);

k_o – коэффициент отходов, $k_o = 1,3$ [41];

$$m_M = 52,66 \times 1,3 = 68,46 \text{ кг.}$$

3.9.2 Расход сварочной проволоки

Расчет расхода сварочной проволоки [27]:

$$M_{ЭП} = K_{р.п.} \times (1 + \psi_p) \times M_{НО}, \quad (3.7)$$

где $K_{р.п.}$ – коэффициент расхода проволоки, учитывающий потери её при наладке сварочного аппарата, $K_{р.п.} = 1,02 \dots 1,03$; принимаем для проволоки;

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки, $\psi_p = 0,01 \dots 0,15$, принимаем $\psi_p = 0,1$;

$M_{НО}$ – масса наплавленного металла;

Масса наплавленного металла $M_{НО}$ (смотри рисунок 3.1) определяем по формуле:

$$M_{НО} = F_{НО} \times L_{ш} \times \rho, \quad (3.8)$$

где $F_{НО}$ – площадь сечения наплавленного металла, (определено с помощью Компас согласно ГОСТ 14771-76 и проценту износа зубьев);

$L_{ш}$ – длина шва, (определено с помощью Компас из чертежа ФЮРА.РС400L.164.00.000 и рисунка 3.1);

ρ – масса наплавленного металла, $\rho = 7,85 \text{ г} \times \text{см}^3$ [27];

$$M_{НО1} = 1131 \times 1,0 \times 7,85 \times 10^{-3} = 10,291 \text{ кг,}$$

$$M_{НО2} = 42,6 \times 3,98 \times 7,85 \times 10^{-3} = 1,331 \text{ кг.}$$

Для проволоки ПП-70Х4МЗГ2ФТР:

$$M_{\text{ЭП}} = 1,03 \times (1+0,08) \times 10,291 = 11,448 \text{ кг.}$$

Для проволоки ОК АRISTOROD 69:

$$M_{\text{ЭП}} = 1,03 \times (1+0,1) \times 1,331 = 1,508 \text{ кг.}$$

3.9.3 Расход защитного газа

Расчет защитного газа произведем по формуле [27]:

$$Q_{\text{з.г.}} = q_{\text{з.г.}} \times t_c, \quad (3.8)$$

где, $q_{\text{з.г.}}$ – расход защитного газа [42];

t_c – время сварки, $t_c = 82,53$ мин. (рассчитано в пункте 3.8 и программе *MathCad*);

$$Q_{\text{з.г.}} = 15 \times 82,53 = 1238 \text{ л.}$$

3.9.4 Расход электроэнергии

Расход технологической электроэнергии производим по формуле [27]:

$$W_{\text{ТЭ}} = \sum \left(\frac{U_c \times I_c \times t_c}{\eta_u} \right) + P_x \times \left(\frac{t_c}{K_u} - t_c \right), \quad (3.9)$$

где U_c, I_c – электрические параметры режима сварки;

t_c – основное время сварки шва (смотри пункт 3.8);

η_u – КПД источника сварочного тока, $\eta_u = 0,93$ [35];

P_x – мощность холостого хода источника, $P_x = 0,4$ [27];

$\frac{t_c}{K_u}$ – общее время работы источника, зависящее от способа сварки и типа

производства (K_u можно выбрать по таблице 3.2.2 [27]).

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле:

$$Z_{тэ} = W_{тэ} \times Ц_{э.э.}, \quad (3.10)$$

где $W_{тэ}$ – расход технологической электроэнергии, Вт × ч;

$Ц_{э.э.}$ – цена 1 кВт×ч электроэнергии, $Ц_{э.э.} = 5,63$ руб/кВт×ч [42];

$$W_{тэ} = \frac{30 \times 300 \times 2,92}{0,93} + \frac{28 \times 280 \times 1,576}{0,93} + 0,4 \times \left(\frac{4,296}{0,7} - 4,296 \right) = 39,858 \text{ Вт} \times \text{ч},$$

$$Z_{тэ} = 39,858 \times 5,63 = 224,4 \text{ руб.}$$

4 Разработка сборочно-сварочных приспособлений

4.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства.

Специфическая особенность этого производства – резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно, сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30% общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75% приходятся на сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования. Следовательно, если оценивать роль механического оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75% всего комплекса цехового оборудования [44].

Приспособление крепежное.

Принципиальная схема крепежного приспособления показана на рисунке 4.1.

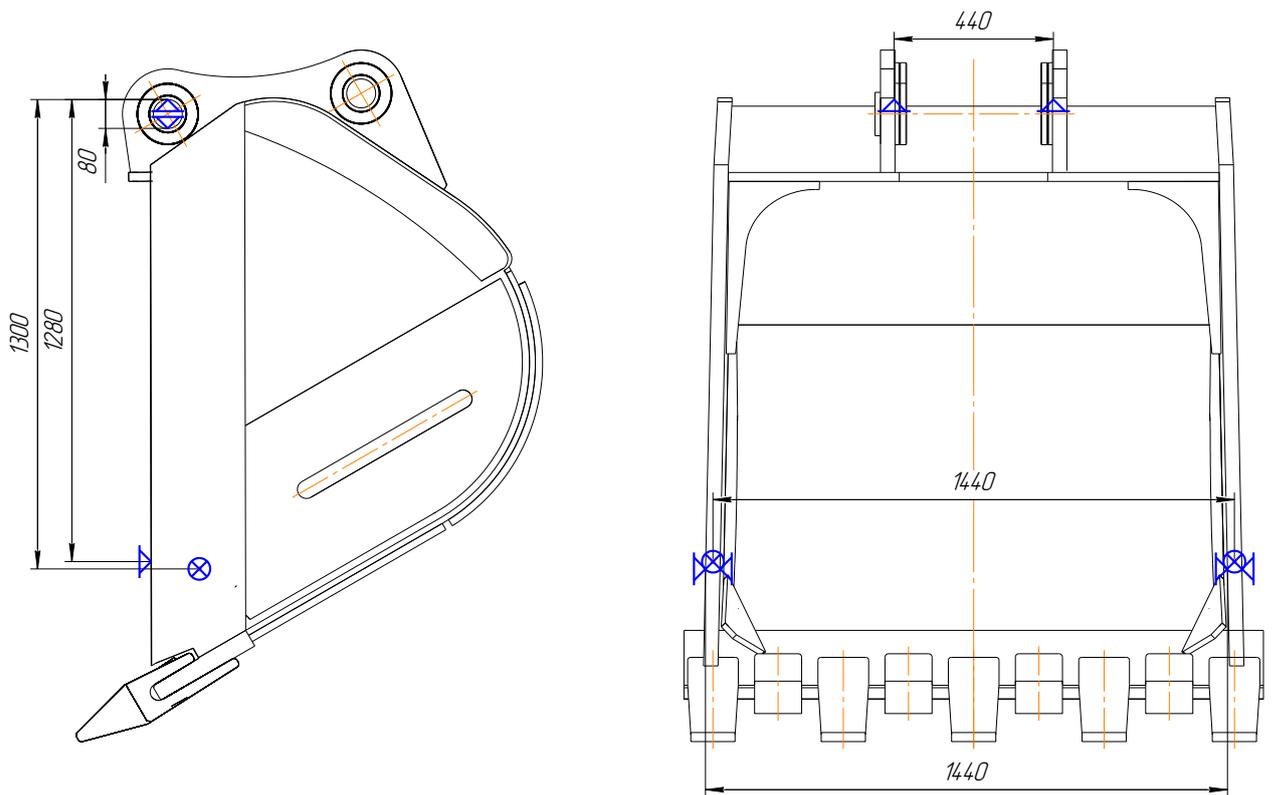


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема крепежного приспособления

4.2 Расчёт элементов приспособления

Для крепления ковша в приспособлении крепежном ФЮРА.000001.164.00.000 СБ применяются винтовые прижимы. Рассчитаем диаметр винтового прижима.

Диаметры болтов определим по формуле [45]:

$$d_p = 1,3 \times \sqrt{\frac{1,27 \times P \times z}{[\sigma]_{\text{доп}} \times n}}, \quad (4.1)$$

где P – усилие на винт, кгс/см²;

z – поправочный коэффициент, принимаемый для винта с пятой 1,4. для винта без пяты 2;

$[\sigma]_{\text{доп}}$ – допускаемое напряжение на сжатие для винта, Н/мм²;

n – количество креплений;

$$d_p = 1,3 \times \sqrt{\frac{1,27 \times 1250 \times 2}{950 \times 1}} = 2,38 \text{ см.}$$

Из конструктивных соображений, согласно ГОСТ 7798-70, принимаем $d_p = 24$ мм [45].

4.3 Разработка эксплуатационной документации на приспособление

При разработке эксплуатационных документов необходимо придерживаться рекомендаций ГОСТ Р 2.601-2019 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы» и ГОСТ Р 2.610 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов» [46].

Сведения об изделии, помещаемые в эксплуатационный документ, должны быть достаточными для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации изделий в течение установленного срока службы. При необходимости в эксплуатационном документе приводят указания о требуемом уровне подготовки обслуживающего персонала.

В эксплуатационных документах, поставляемых с изделием, должна содержаться следующая информация [47]:

- наименование страны-изготовителя и предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- основное назначение, сведения об основных технических данных и потребительских свойствах изделия;
- правила и условия эффективного и безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации изделия;
- ресурс, срок службы и сведения о необходимых действиях

потребителя по его истечении, а также информация о возможных последствиях при невыполнении указанных действий (сведения о необходимых действиях по истечении указанных).

- ресурсов, сроков службы, а также возможных последствиях при невыполнении этих действий приводят, если изделие по истечении указанных ресурса и сроков может представлять опасность для жизни, здоровья потребителя (пользователя), причинять вред его имуществу или окружающей среде либо оно становится непригодным для использования по назначению. Перечень таких изделий составляют в установленном порядке):

- сведения о техническом обслуживании и ремонте изделия (при наличии);

- гарантии изготовителя (поставщика) (в установленном законодательством порядке);

- сведения о сертификации (при наличии);

- сведения о приемке;

- юридический адрес изготовителя (поставщика) и/или продавца;

- сведения о цене и условиях приобретения изделия (приводит, при необходимости, изготовитель, поставщик либо продавец). Для изделий, разрабатываемых и/или поставляемых по заказам Министерства обороны, эти сведения и условия не приводят.

Инструкция по эксплуатации приспособления представлена в приложении Д.

5 Проектирование участка сборки сварки

5.1 Состав ремонтного цеха

Размещение цеха – всех его производственных отделений и участков, а также вспомогательных, административно-конторских и бытовых помещений должно по возможности полностью удовлетворять всем специфическим требованиям процессов, подлежащих выполнению в каждом из этих отделений.

Эти требования обуславливаются главным образом индивидуальными особенностями заданных сварных конструкций и соответствующих рационально выбранных способов их изготовления; характерными особенностями типа производства и организационных форм его существования; степенью производственной связи основных отделений и участков с другими производственными и вспомогательными отделениями цеха [47].

Для проектируемого участка восстановления ковша экскаватора принимаем схему компоновки производственного процесса с продольным направлением производственного потока. Направление производственного потока на таком участке совпадает с направлением, заданным на плане цеха. Продольное перемещение обрабатываемого металла и восстанавливаемого изделия выполняется кран-балкой.

5.2 Расчёт основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [38].

5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования

Необходимое число оборудования рассчитаем по формуле [38]:

$$n_p = \frac{T_r}{\Phi_d}, \quad (5.1)$$

где, T_r – время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.;

Φ_d – действительный фонд рабочего времени, ч.;

$$T_r = N \times T, \quad (5.2)$$

где, N – годовая программа выпуска продукции, $N = 1$ шт.;

T – длительность одной операции, мин (смотри пункт 3.8).

Определим время необходимое для выполнения годовой программы продукции:

$$T_r = 1 \times \frac{528,35}{60} = 8,8 \text{ ч.},$$

Φ_H – номинальный фонд рабочего времени при односменной работе равен 1980 часов (информация получена у нормировщика), найдем действительный отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_d = \Phi_H - 5\% = 1980 - 5\% = 1881 \text{ ч.},$$

$$n_p = \frac{8,8}{1881} = 0,005,$$

округляем n_p в большую сторону и принимаем $n_p = 1$.

Найдем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_p} = \frac{0,005}{1} = 0,005.$$

В процентном соотношении загрузка составит 0,47 %.

5.2.2 Определение состава и численности рабочих

Определим общее время необходимое для выполнения годовой программы продукции, ч.

$$\Sigma Tr = 8,8 \text{ ч.}$$

Φ_H – номинальный фонд рабочего времени равен 1976 часов (информация получена у нормировщика), найдем действительный, отняв от номинального процент потерь времени:

$$\Phi_D = \Phi_H - 12\% = 1976 - 12\% = 1734 \text{ ч.}$$

Определим количество рабочих явочных [38]:

$$P_{\text{ЯВ}} = \frac{T_R}{\Phi_H} = \frac{8,8}{1976} = 0,004. \quad (5.3)$$

Примем число сварщиков равным $P_{\text{ЯВ}} = 1$.

Определим количество рабочих списочных [38]:

$$P_{\text{СП}} = \frac{T_R}{\Phi_D} = \frac{8,8}{1739} = 0,005. \quad (5.4)$$

Примем число сварщиков равным $P_{\text{СП}} = 1$.

Вспомогательных рабочих (25% от количества основных рабочих) – 1;
ИТР (8% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;
Счетно-конторская служба (3% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;
МОП (2% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1;
Контроль качества продукции (1% от суммы основных и вспомогательных рабочих) – 1.

5.3 Пространственное расположение производственного процесса

Рациональное размещение в пространстве запроектированного производственного процесса и всех основных элементов производства, необходимых для осуществления этого процесса, требует разработки чертежей плана и разрезов проектируемого цеха [47].

Независимо от принадлежности к какой-либо разновидности сварочного производства ремонтные цеха могут включать следующие отделения и помещения [47]:

- производственные отделения: заготовительное отделение включает участки: правки и наметки металла, газопламенной обработки, станочной обработки, штамповочный, слесарно-механический, очистки металла;

- ремонтное отделение, подразделяющееся обычно на общую сборку и сварку, с производственными участками сборки, сварки, наплавки, пайки, термообработки, механической обработки, испытания готовой продукции и исправления изъянов, нанесения покрытий и отделки продукции;

- вспомогательные отделения: цеховой склад металла, промежуточный склад деталей и полуфабрикатов с участком их сортировки и комплектации, межоперационные складочные участки и места, склад готовой

продукции цеха с контрольными и упаковочными подразделениями и погрузочной площадкой; кладовые электродов, флюсов, баллонов с горючими и защитными газами, инструмента, приспособлений, запасных частей и вспомогательных материалов, мастерская изготовления шаблонов, ремонтная, отделение электромашинное, ацетиленовое, компрессорное, цеховые трансформаторные подстанции;

- административно-конторские и бытовые помещения: контора цеха, гардероб, уборные, умывальные, душевые, буфет, комната для отдыха и приема пищи, медпункт.

Проектируемый в составе завода самостоятельный ремонтный цех всегда является, с одной стороны, потребителем продукции заготовительных и обрабатывающих цехов и складов завода, а с другой стороны – поставщиком своей продукции для цехов окончательной отделки изделий и для общезаводского склада готовой продукции.

Таким образом, между проектируемым ремонтным цехом и другими цехами, сооружениями и устройствами завода существует определенная производственная связь, необходимая для облегчения нормального выполнения процесса изготовления заданной продукции по заводу в целом.

При проектировании как всего завода, так и его отдельных цехов необходимо стремиться к осуществлению прямопоточности всех производственных связей между отдельными цехами, к недопущению возвратных перемещений материалов и изделий.

На ремонтном участке расположены: одно крепежное приспособление, сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2), двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6, перемещение деталей осуществляется кран-балкой $Q=2,0$ т.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Финансирование проекта и маркетинг

Маркетинг – это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

6.2 Экономический анализ техпроцесса

Будет проведена экономическая оценка стоимости технологического процесса восстановления ковша экскаватора. Ковш экскаватора – рабочий орган экскаватора, представляющий собою чашеобразную ёмкость, снабжённую зубьями, ножами и специальными приспособлениями для крепления. Ковши экскаваторов имеют зубья для внедрения в грунт. Зубья ковша должны быть прочными, для того чтобы обеспечить высокую износостойчивость и длительный срок службы ковша.

Для проведения ремонтных работ применим крепёжное приспособление ФЮРА.000001.164.00.000 СБ, которое состоит из: рукоятей; винтов; пластин; упоров; оси; рычага; фланцев; держателя и осей. Приспособление устанавливается на двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6.

Применим современное сварочное оборудование сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2) [35].

Проведем технико-экономический анализ восстановления ковша экскаватора. Нормы штучного времени восстановления ковша экскаватора приведены в пункте 3.8.

Показатель приведенных затрат является обобщающим показателем.

Определение приведенных затрат производят по формуле [38]:

$$C_{\text{прив}} = C_{\text{год}} + E_n \times K, \quad (6.1)$$

где $C_{\text{год}}$ – себестоимость годового объема продукции, руб/изд×год;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, руб/год;

K – суммарные капитальные вложения в производственные фонды, руб.

6.2.1 Расчет капитальных вложений в производственные фонды

При расчете приведенных затрат капитальные вложения определяют, как сумму следующих расходов [38]:

$$K = K_o + K_{\text{п}} + K_{\text{зд}}, \quad (6.2)$$

где K_o – капитальные вложения в сварочное (крепёжное, наплавочное) оборудование, руб.;

$K_{\text{п}}$ – капитальные вложения в сборочно-сварочные приспособления и другую оснастку, руб.;

$K_{\text{зд}}$ – капитальные вложения в здания, руб.

6.2.1.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капитальные вложения в оборудование определяем по формуле [38]:

$$K_{CO} = \sum_{i=1}^n C_{O_i} \times O_i \times \mu_{O_i}, \quad (6.3)$$

где C_{O_i} – оптовая цена единицы оборудования i -го типоразмера с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб.;

O_i – количество оборудования i -го типоразмера, ед. (см. пункт 5.2);

μ_{O_i} – коэффициент загрузки оборудования i -го типоразмера (см. пункт 5.2).

Цены на оборудование берутся за 01.01.2023 (смотри таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [48,49]

| Наименование оборудования | C_{O_i} |
|---------------------------|-----------|
| ПДГО-570-4К 1 шт. | 175 |
| BC-500 1 шт. | 487 |

$$K_{CO1} = 37390 \times 1 \times 0,005 = 175 \text{ руб.},$$

$$K_{CO2} = 104000 \times 1 \times 0,005 = 486 \text{ руб.},$$

$$K_{CO} = 175 + 487 = 662 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в сварочное оборудование даны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

| Наименование оборудования | K_{CO} , руб. |
|---------------------------|-----------------|
| ПДГО-570-4К 1 шт. | 175 |
| BC-500 1 шт. | 486 |
| Итого | 662 |

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [38]:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \times \Pi_j \times \mu_{nj}, \quad (6.4)$$

где $K_{\text{пр}j}$ – оптовая цена единицы приспособления j -го типоразмера, руб.;

Π_j – количество приспособлений j -го типоразмера, ед. (см. пункт 5.2);

μ_{nj} – коэффициент загрузки j -го приспособления (см. пункт 5.2).

$$K_{\text{пр}1} = 67400 \times 1 \times 0,005 = 316 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{пр}2} = 734000 \times 1 \times 0,005 = 3436 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{пр}} = 316 + 3436 = 3752 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в приспособления приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Капитальные вложения в приспособления [50]

| Наименование оборудования | $K_{\text{пр}j}$, руб. | Π_j , шт | $K_{\text{пр}}$, руб. |
|---|-------------------------|--------------|------------------------|
| Приспособление крепежное ФЮРА.000001.164.00.000 СБ | 67400 | 1 | 316 |
| Двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6 | 734000 | 1 | 3436 |
| ИТОГО | | | 3752 |

6.2.1.2 Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями

Капитальные вложения в здание определяется по формуле [38]:

$$K_{\text{зд}} = \sum_{i=1}^n S_{O_i} \times h \times k_v \times \Pi_{\text{зд}}, \text{ руб.}, \quad (6.6)$$

где S_{Oi} – площадь, занимаемая единицей оборудования, $\text{м}^2/\text{ед}$; для предлагаемого технологического процесса: $S = 41,685 \text{ м}^2$ (см чертеж ФЮРА.000002.164 ЛП);

h – высота производственного здания, м, $h = 12 \text{ м}$;

k_B – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь, равен 1,8 [38] (так как известна полная площадь участка сборки-сварки, $k_B = 1$);

$\Pi_{зд}$ – стоимость 1 м^3 здания на 01.01.2023 составляет, $\Pi_{зд} = 94 \text{ руб}/\text{м}^3$;

$$K_{зд} = 41,685 \times 1 \times 12 \times 94 = 47021 \text{ руб.}$$

6.2.2 Расчет себестоимости единицы продукции

В техническую себестоимость сварочных работ включаются следующие статьи затрат:

- затраты на металл;
- затраты на сварочные материалы;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на оплату труда;
- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования и

производственного помещения.

Определим себестоимость годового объема производства продукции по формуле [38]:

$$C_{\text{год}} = N_{\Gamma} \times (C_M + C_B + C_3 + C_Э + C_a + C_{\text{и}} + C_{\text{п}}), \text{ руб./год}, \quad (6.7)$$

где C_M – затраты на основные материалы, руб.;

C_B – затраты на вспомогательные материалы, руб.;

C_3 – затраты на заработную плату, руб.;

$C_Э$ – затраты на электроэнергию, руб.;

C_a – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{и}$ – затраты на амортизацию приспособлений, руб.;

$C_{п}$ – затраты на содержание помещения, руб.

6.2.2.1 Определение затрат на основной металл

Затраты на металл, идущий на изготовление изделия определяем по формуле [51]:

$$C_{м} = N_{м} \times k_{т.з.} \times Ц_{м} - N_{о} \times Ц_{о} \text{ руб./изд.}, \quad (6.8)$$

где $N_{м}$ – норма расхода материала на одно изделие, кг (см. пункт 3.9);

$k_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов $k_{т.з.} = 1,04$ [51].

$Ц_{м}$ – средняя оптовая цена стали 09Г2Д, на 01.01.2023, руб./кг:

- для стали *Hardox*® 600 = 68 руб./кг [51], при $N_{м} = 52,66 \times 1,3 = 68,46$ кг.

Коэффициент потерь материала на отходы составляет 1,3 [41].

$N_{о}$ – норма возвратных отходов;

$$N_{о} = N_{м} \times 0,3 = 52,66 \times 0,3 = 15,8 \text{ кг/ изд.},$$

$Ц_{о}$ – цена возвратных отходов, $Ц_{о} = 20$ руб/кг.

$$C_{м} = 1,04 \times (68,46 \times 68) - 15,8 \times 20 = 4525,39 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку определяем по формуле [38]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \times k_{nd} \times \psi_p \times Ц_{п.с.}, \text{ руб/изд.}, \quad (6.9)$$

где G_d – масса наплавленного металла электродной проволоки, $G_d = 10,291$ кг – для проволоки ПП-70Х4МЗГ2ФТР, $G_d = 1,331$ кг – для проволоки ОК *ARISTOROD* 69 (смотри пункт 3.9);

k_{nd} – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода) [23], $k_{nd} = 1,03$;

ψ_p – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки [23], $\psi_p = 1,01...1,15$, принимаем $\psi_p = 1,08$ для проволоки ПП-70Х4МЗГ2ФТР, $\psi_p = 1,1$ для проволоки ОК ARISTOROD 69;

$C_{п.с.}$ – стоимость сварочной проволоки, для проволоки ПП-70Х4МЗГ2ФТР $C_{п.с.} = 258,053$ руб/кг [53], для проволоки ОК ARISTOROD 69 $C_{п.с.} = 951$ руб/кг [54] на 01.01.2023;

$$C_{п.с.1} = 10,291 \times 1,03 \times 1,08 \times 258,053 = 2954,22 \text{ руб,}$$

$$C_{п.с.2} = 1,331 \times 1,03 \times 1,1 \times 951 = 1434,08 \text{ руб,}$$

$$C_{п.с.} = 2954,22 + 1434,08 = 4388,29 \text{ руб.}$$

6.2.2.2 Определение затрат на сварочные материалы

Затраты на защитную смесь газов определяем по формуле [38]:

$$C_{\text{газ}} = g_{\text{шкi}} \times C_{\text{газ}} \times t_c, \text{ руб./изд.,} \quad (6.10)$$

где $g_{\text{шкi}}$ – расход смеси, $g_{\text{шкi}} = 15$ л/мин. [43];

$C_{\text{газ}}$ – стоимость смеси, л., $C_{\text{газ}} = 0,17$ руб./л. [55];

t_c – время сварки в смеси газов, мин., $t_c = 82,53$ мин. (смотри пункт 3.8);

$$C_{\text{газ}} = 15 \times 0,17 \times 82,53 = 210,59 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.3 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработную плату производственных рабочих рассчитываем по формуле [38]:

$$C_3 = (C_{\text{чи}} \times T_0 \times k_{\text{доп}} \times k_{\text{сс}} \times k_{\text{рай}}) / 60, \quad (6.11)$$

где $C_{\text{чи}}$ – часовая тарифная ставка на 01.01.2023, руб/ч., $C_{\text{чи}} = 74,85$ руб.;

T_0 – время на изготовление одного изделия, мин., $T_0 = 528,35$ (смотри пункт 3.8);

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты и премии к тарифной заработной плате, $k_{\text{доп}} = 1,2$ [38];

$k_{\text{сс}}$ – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая $k_{\text{сс}} = 1,3$ [38].

$k_{\text{рай}}$ – районный коэффициент, $k_{\text{рай}} = 1,3$ [38];

$$C_3 = (74,85 \times 528,35 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,3) / 60 = 1336,69 \text{ руб/изд.}$$

6.2.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию

Расход технологической электроэнергии производим по формуле [27]:

$$W_{\text{ТЭ}} = \sum \left(\frac{U_c \times I_c \times t_c}{\eta_U} \right) + P_x \times \left(\frac{t_c}{K_U} - t_c \right), \quad (3.9)$$

где U_c, I_c – электрические параметры режима сварки, $U_c = 30$ В, $I_c = 300$ А;

t_c – основное время сварки шва, ч., $t_c = 4,296$ (смотри пункт 3.8);

η_U – КПД источника сварочного тока, $\eta_U = 0,93$ [35];

P_x – мощность холостого хода источника, $P_x = 0,4$ [27];

$\frac{t_c}{K_U}$ – общее время работы источника, зависящее от способа сварки и типа производства, $K_U = 0,7$ (K_U можно выбрать по таблице 3.2.2 [27]).

Затраты на технологическую электроэнергию определим по формуле:

$$Z_{тэ} = W_{тэ} \times Ц_{э.э.}, \quad (3.10)$$

где $W_{тэ}$ – расход технологической электроэнергии, Вт × ч;

$Ц_{э.э.}$ – цена 1 кВт×ч электроэнергии, $Ц_{э.э.} = 5,63$ руб/кВт×ч [42];

$$W_{тэ} = \frac{30 \times 300 \times 2,92}{0,93} + \frac{28 \times 280 \times 1,576}{0,93} + 0,4 \times \left(\frac{4,296}{0,7} - 4,296 \right) = 39,858 \text{ Вт} \times \text{ч},$$

$$Z_{тэ} = 39,858 \times 5,63 = 224,4 \text{ руб.}$$

6.2.2.5 Затраты на амортизацию и ремонт оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования при заданном объеме производства определяются по формуле [38]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{Ц_{oi} \times O_i \times \mu_{oi} \times a_i \times r_i}{N_r}, \quad \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (6.11)$$

где a_i – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования i -го типоразмера, $a_i = 0,15$ % [38],

r_i – коэффициент затрат на ремонт оборудования, $r_i = 1,15 \dots 1,20$ [37],

$$C_{31} = \frac{37390 \times 1 \times 0,005 \times 0,15\% \times 1,15}{1} = 201,6 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}},$$

$$C_{32} = \frac{104000 \times 1 \times 0,005 \times 0,15\% \times 1,15}{1} = 560,75 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}},$$

$$C_3 = 201,6 + 560,75 = 762,35 \text{ руб/изд.}$$

Амортизация оборудования представлена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Амортизация оборудования

| Наименование оборудования | | С _з , руб/изд. |
|---------------------------|-------|---------------------------|
| ПДГО-570-4К | 1 шт. | 201,6 |
| ВС-500 | 1 шт. | 560,75 |
| ИТОГО | | 762,35 |

6.2.2.6 Затраты на амортизацию приспособлений

Затраты на амортизацию приспособлений определяются по формуле [38]:

$$C_3 = \sum_{i=q}^n \frac{\Pi_{oi} \times Oi \times \mu_{oi} \times ai \times r_i}{N_r}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (6.12)$$

где a_j – норма амортизационных отчислений для оснастки j -го типоразмера, $a_j=0,15$ [38];

$$C_{u1} = \frac{67400 \times 1 \times 0,005 \times 0,15}{1} = 47,33 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}},$$

$$C_{u2} = \frac{734000 \times 1 \times 0,005 \times 0,15}{1} = 515,43 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}},$$

$$C_u = 47,33 + 515,43 = 562,76 \text{ руб./изд.}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Затраты на амортизацию приспособлений

| Наименование оборудования | Ц _{пр} , руб | П _ж , шт. | С _и , руб/изд. |
|---|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Приспособление крепежное ФЮРА.000001.164.00.000 СБ | 67400 | 1 | 47,33 |
| Двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6 | 734000 | 1 | 515,43 |
| ИТОГО | | | 562,76 |

6.2.2.7 Определение затрат на содержание помещения

В расходы на содержание и ремонт помещения входят амортизация, ремонт, отопление, освещение, уборка. Эти расходы составляют 8% балансовой стоимости помещения. Определение затрат на содержание здания определяется по формуле [51]:

$$C_{\Pi} = \frac{S \times k_{\text{сп}} \times \Pi_{\text{ср.зд}}}{N_{\Gamma}}, \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}, \quad (6.13)$$

где S – площадь сварочного участка, м², $S = 41,685$ м² (смотри чертеж ФЮРА.000002.164 ЛП);

$k_{\text{сп}}$ – коэффициент на содержание и ремонт помещения, $k_{\text{сп}} = 0,08$ [51],

$\Pi_{\text{ср.зд}}$ – среднегодовые расходы на содержание 1 м² рабочей площади, руб./год×м, $\Pi_{\text{ср.зд}} = 250$ руб./год×м;

$$C_{\Pi} = \frac{41,685 \times 0,08 \times 250}{1} = 833,7 \frac{\text{руб.}}{\text{изд.}}$$

Результаты расчетов по определению технологической себестоимости сводятся в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 – Технологическая себестоимость

| № п/п | Затраты | Сумма, руб. |
|--------------------------------------|--|-------------|
| 1 | Затраты на основной металл | 4525,39 |
| 2 | Затраты на сварочные материалы | |
| 2.1 | Затраты на сварочную проволоку | 4388,29 |
| 2.2 | Затраты на защитный газ | 210,59 |
| 3 | Заработная плата | 1336,69 |
| 4 | Затраты на электроэнергию | 224,4 |
| 5 | Расходы на амортизацию и ремонт оборудования | 762,35 |
| 6 | Расходы на амортизацию приспособлений | 562,76 |
| 7 | Затраты на содержание помещения | 833,7 |
| ИТОГО технологическая себестоимость: | | 12844,05 |

6.3 Расчет технико-экономической эффективности

Определим себестоимость продукции:

$$C_{\text{год}} = 1 \times (4525,39 + 4388,29 + 210,59 + 1336,69 + 224,4 + 762,35 + 562,76 + 833,7) = \\ = 12844,05 \text{ руб./изд.} \times \text{год.}$$

Определим капитальные вложения:

$$K = 662 + 3752 + 47021 = 51434 \text{ руб.}$$

Определим количество приведенных затрат:

$$C_{\text{прив}} = 12844,05 + 0,15 \times 51434 = 20559,2 \text{ руб./изд.} \times \text{год.}$$

6.4 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели сведены в таблицу 6.7.

Таблица 6.7 – Основные технико-экономические показатели участка

| №п/п | Параметр | Значение |
|------|---|----------|
| 1 | Годовая производственная программа, шт. | 1 |
| 2 | Трудоёмкость восстановления одного изделия, час | 8,81 |
| 3 | Количество оборудования, шт. | 1 |
| 4 | Количество производственных рабочих, чел | 1 |
| 5 | Количество вспомогательных рабочих | 1 |
| 6 | Количество административно-управленческого персонала, чел | 1 |
| 7 | Норма расхода материала, кг | 68,458 |
| 8 | Количество приведенных затрат, руб/изд.×год. | 20559,2 |
| 9 | Себестоимость одного восстановления, руб/изд. | 12844,05 |

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, приспособления, основные и вспомогательные материалы; рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, приспособления и помещение, так же затраты на основной металл, сварочную проволоку, защитный газ, зарплату рабочим, расходы на электроэнергию, амортизацию и ремонт оборудования и приспособлений, затраты на содержание помещений; в ходе чего мы получили следующие цифры:

- капитальные вложения 51434 руб.;
- себестоимость продукции 12844,05 руб/изд.×год.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 20559,2 руб/изд.×год.

7 Социальная ответственность

На участке производится восстановление ковша экскаватора. При восстановлении ковша экскаватора осуществляются следующие операции: сварка механизированная в среде углекислого газа и аргона, наплавка порошковой проволокой, слесарные операции.

При изготовлении ковша экскаватора на участке используется следующее оборудование:

- выпрямитель ВС-500 1 шт.;
- механизм подачи проволоки ПДГО-570-4К 1 шт.;
- приспособление крепежное ФЮРА.000001.164.00.000 СБ; 1 шт.

Перемещение изделия производят кран-балкой грузоподъемностью 5 т.

Ковш экскаватора – рабочий орган экскаватора, представляющий собою чашеобразную ёмкость, снабженную зубьями, ножами и специальными приспособлениями для крепления. Ковши экскаваторов имеют зубья для внедрения в грунт. Зубья ковша должны быть прочными, для того чтобы обеспечить высокую износоустойчивость и длительный срок службы ковша. Масса ковша экскаватора составляет 1794 кг.

В качестве материала деталей используют стали следующих марок: 10ХСНД, 35ХГСА, Сталь 35 и ВСтЗпс. Передняя стенка днища ковша будет обвариваться листами, изготовленными из стали *Hardox* 600. Сварка производится в смеси *Ar* (80 %) + *CO₂* (20 %) *ISO* 14175 – М21 сварочной проволокой *OK ARISTOROD* 69 диаметром 1,2 мм. Для наплавки применяется самозащитная порошковая проволока ПП 70Х4МЗГ2ФТР ГОСТ 26101-84 диаметром 2,8 миллиметра.

Проектируемый участок находится на последнем пролете цеха, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также шестью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2шт.) автомобильным транспортом, также через одни ворота проложено железнодорожное полотно, т.е. имеется возможность доставки и вывоза грузов железнодорожным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью $S = 41,685 \text{ м}^2$.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения условий, способствующих максимальной производительности труда, необходимо физиологическое обоснование требований к устройству оборудования, рабочего места, длительности периодов труда и отдыха и ряда других факторов, влияющих на работоспособность.

При организации труда необходимо учитывать психологические особенности отдельных рабочих. Разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного психологического микроклимата в коллективе, высокой заинтересованности в труде и его результатах, так как при работе на участке рабочие испытывают нервно-психологические перегрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и т.д.

Основным средством повышения производительности труда и снижения утомления является ритм труда и рациональный режим труда и отдыха. Ритмичный труд позволяет рационально расходовать, нервную и мышечную энергию, поддерживать работоспособность. При правильном чередовании труда и отдыха работоспособность также повышается.

Важнейшим психофизиологическим средством повышения производительности является создание благоприятных отношений в коллективе, в чем велика роль руководителя. Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных и сердечно-сосудистых заболеваний.

С целью ограничения вредного влияния психофизиологических факторов производственной опасности можно рекомендовать проведение следующих мероприятий:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- соблюдение предельно допустимых норм деятельности;
- установление переменной нагрузки в соответствии с динамикой работоспособности;
- чередование различных рабочих операций или форм деятельности в течение рабочего дня;
- рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами;
- соответствие психофизиологических качеств человека характеру и сложности выполняемых работ; это соответствие достигается путем профессионального отбора, обучения и тренировок технологов-сварщиков.

7.1.1 Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных

ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный

закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

- 1) ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.
- 2) ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.
- 3) ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.
- 4) ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.
- 5) ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.
- 6) Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.
- 7) Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.
- 8) Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- 9) Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.
- 10) Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При выполнении сварки и наплавке на работников участка могут воздействовать вредные и опасные производственные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла; производственный шум; статическая нагрузка на руку; электрический ток.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

При данном процессе сварки в воздух рабочей зоны выделяется до 180 мг/м^3 пыли с содержанием в ней марганца до 13,7% (ПДК 0,1-0,2 мг/м^3), а также CO_2 до 0,5÷0,6%; CO до 160 мг/м^3 ; окислов азота до 8,0 мг/м^3 ; озона до 0,36 мг/м^3 (ПДК 0,1 мг/м^3); оксидов железа 7,48 г/кг расходуемого материала; оксида хрома 0,02 г/кг расходуемого материала (ПДК 1 мг/м^3) [56, 57].

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью – более 90% частиц, скорость витания частиц $< 0,1 \text{ м/с}$.

Автотранспорт, который используется для перевозки готовых изделий, выбрасывает в атмосферу цеха опасные для здоровья рабочих вещества, к ним относятся: свинец, угарный газ, бенз(а)пирен, летучие углеводороды.

Характер воздействия пыли на организм человека зависит от ее химического состава, который определяет биологическую активность пыли. По этому признаку пыль подразделяют на пыль раздражающего действия и токсическую. Попадая в организм человека, частицы такой пыли взаимодействуют с кровью и тканевой жидкостью, и в результате протекания химических реакций образуют ядовитые вещества.

Отдельные виды пыли могут растворяться в воде и биологических жидких средах: крови, лимфе, желудочном соке, что может иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

Медико-биологические исследования показали непосредственную связь между количеством, концентрацией, химическим составом пыли в рабочей зоне и возникающими профессиональными заболеваниями работников транспорта. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию – пневмокониозу. Пневмокониоз характеризуется разрастанием соединительной ткани в дыхательных путях.

Наряду с пневмокониозом, наиболее частым заболеванием, вызываемым действием пыли, является бронхит. В бронхах скапливается мокрота, и болезнь хронически прогрессирует.

Пыль, попадающая на слизистые оболочки глаз, вызывает их раздражение, конъюнктивит. Оседая на коже, пыль забивает кожные поры, препятствуя терморегуляции организма, и может привести к дерматитам, экземам. Некоторые виды токсической пыли (известки, соды, мышьяка, карбида кальция) при попадании на кожу вызывают химические раздражения и даже ожоги [57].

На участке сборки и сварки изготовления ковша экскаватора применяем общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

В холодный и переходный периоды года, при категории работ *IIб* – работы средней тяжести, оптимальные параметры, следующие: температура от плюс 17 до минус 19°С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,3 м/с. В тёплый период года: температура 20÷22° С; относительная влажность 60÷40 %; скорость движения воздуха 0,4 м/с.

Каждое рабочее место также оборудуется вытяжным отсосом-зонтом, открытой конструкцией, всасывающее отверстие которой приближено к

источнику выделений. Средняя скорость поступающего воздуха в проеме составляет 0,3÷3 метров в секунду [58].

Определим количество воздуха для организации местной вентиляции по формуле [59]:

$$L_M = S \times V_{\text{эф}}, \text{ м}^3 \times \text{ч}, \quad (7.1)$$

где S – площадь, через которую поступает воздух, м^2 ;

$V_{\text{эф}}$ – скорость воздуха в проеме, при которой происходит эффективное удаление вредностей, согласно ГОСТ 12.3.003-86 $V_{\text{эф}} = 0,2 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$.

Найдем площадь, через которую поступает воздух по формуле:

$$S = A \times B \times n, \quad (7.2)$$

где A и B – ширина и длина зонта, расчеты этих параметров произведем согласно методичке [58];

n – количество зонтов.

Определим количество конвективного тепла, выделяемого источником [60]:

$$Q = 1,5 \times \sqrt{t_u + t_v}, \quad (7.3)$$

где t_u и t_v – температура поверхности источника и воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q = 1,5 \times \sqrt{350 + 15} = 28,7 \text{ Вт}.$$

Максимальное расстояние от кромки зонта до источника тепловыделений определяется по формуле:

$$H = 1,5 \times \sqrt{F} = 1,5 \times \sqrt{1,98 \times 0,8} = 1,89 \text{ м}. \quad (7.4)$$

Найдем размеры вытяжного зонта:

$$A=a+0,8\times H=1,98+0,8\times 1,89=3,49 \text{ м}, \quad (7.5)$$

$$B=b+0,8\times H=0,8+0,8\times 1,89=2,32 \text{ м}, \quad (7.6)$$

$$S=3,49\times 2,31\times 1=8,06 \text{ м}^2.$$

$$L_M = 8,06\times 0,2 = 1,61 \text{ м}^3\times\text{с}.$$

Из расчета видно, что объём воздуха, удаляемый от местных отсосов, составляет $L_M = 5806 \text{ м}^3\times\text{ч}$.

В результате проведенных расчетов выбираем вентилятор радиальный ВРМ-6,3ДУ с двигателем АИС90L2-6 1,5 кВт 930 об/мин.

Кинематическая схема вентиляции представлена на рисунке 7.1.

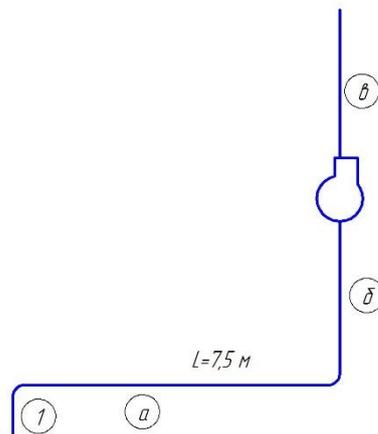


Рисунок 7.1 – Кинематическая схема вентиляции

Рассчитаем диаметр воздуховодов.

Сначала рассчитаем расход воздуха для первой ветви:

$$L_{M1} = 5806\times 1/1= 5806 \text{ м}^3\times\text{ч}.$$

Определим диаметр воздуховода по формуле для первой ветви [60]:

$$D = 1,13\times \left(\frac{L}{v}\right)^{1/2} = 1,13\times \left(\frac{5806}{0,2}\right)^{1/2} = 193 \text{ мм}, \quad (7.6)$$

Определим диаметр общего воздуховода для:

$$D = 1,13 \times \left(\frac{L}{v} \right)^{1/2} = 1,13 \times \left(\frac{5806}{0,2} \right)^{1/2} = 193 \text{ мм.}$$

2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- выпрямитель ВС-500;
- механизм подачи проволоки ПДГО-570-4К;
- двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ 6;
- вентиляция;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток ($m = 2$ кг) ГОСТ 2310-77, шабер,

машинка ручная шлифовальная пневматическая ИП 2002 ГОСТ 12364-80, молоток рубильный МР – 22.

Шум возникает также при кантовке изделия с помощью подъемно – транспортных устройств (кран мостовой и кран-балка) и при подгонке деталей по месту с помощью кувалды и молотка.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в таблице 7.1 [61].

Таблица 7.1 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

| Категория напряженности трудового процесса | Категория тяжести трудового процесса | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Легкая физическая нагрузка | Средняя физическая нагрузка | тяжелый труд 1 степени | тяжелый труд 2 степени | тяжелый труд 3 степени |
| Напряженность легкой степени | 80 | 80 | 75 | 75 | 75 |
| Напряженность средней степени | 70 | 70 | 65 | 65 | 65 |
| Напряженный труд 1 степени | 60 | 60 | - | - | - |
| Напряженный труд 2 степени | 50 | 50 | - | - | - |

Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы [61].

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для снижения шума, создаваемого оборудованием, это оборудование следует помещать в звукоизолирующие ограждения, изготовленные из пемзобетонной панели. Вентиляционное оборудование следует устанавливать на виброизолирующие пружинные основания, а вентиляторы следует устанавливать в отдельные звукоизолирующие помещения.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противозумовые наушники по ГОСТ Р 12.4.210-99.

3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами $172 \div 293$ Дж/с ($150 \div 250$ ккал/ч) [57].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Для снижения нагрузки следует применять крепежные приспособления [62].

7.2.2 Обеспечение требуемого освещения на участке

Для освещения используем газораспределительные лампы, имеющие высокую светоотдачу, продолжительный срок службы, спектр излучения люминесцентных ламп близок к спектру естественного света. Лампы устанавливают в светильник, осветительная арматура которого должна обеспечивать крепление лампы, присоединение к ней электропитания, предохранения её от загрязнения и механического повреждения. Подвеска светильников должна быть жёсткой.

Система общего освещения ремонтного участка должна состоять из 6 светильников типа С 3-4 с ртутными лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, построенных в 2 ряда по 3 светильника.

7.2.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

1. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты, кроме непосредственного воздействия на рабочих, нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что ухудшает условия работы.

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

Тепловая радиация на рабочем месте может в целом составлять $0,5-6 \text{ кал/см}^2 \times \text{мин}$ [63].

2. Защита от сварочных излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

| Наименование средств индивидуальной защиты | Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты |
|--|---|
| Костюм брезентовый для сварщика | ТУ 17-08-327-91 |
| Ботинки кожаные | ГОСТ 27507-90 |
| Рукавицы брезентовые (краги) | ГОСТ 12.4.010-75 |
| Перчатки диэлектрические | ТУ 38-106359-79 |
| Щиток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241 | ГОСТ 12.4.035-78 |
| Куртка х/б на утепляющей прокладке | ГОСТ 29.335-92 |

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навывпуск.

Для защиты окружающих рабочих применяются ширмы.

3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003-81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

4. Электробезопасность.

На участке сборки и сварки применяются искусственные заземлители – вертикально забитые стальные трубы (4 шт.) длиной 2,5 м. и диаметром 40 мм.

Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом.

На участке используется контурное заземление – по периметру площади размещают оценочные заземлители.

Для связи вертикальных заземлителей используют полосовую сталь сечением 4x12 мм.

7.2.4 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.;

- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- правильная фиксация частей ковша экскаватора на приспособлениях, а также контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

Для поддержания необходимой температуры применяется центральное отопление.

7.3 Экологическая безопасность

1. Защита селитебной зоны.

Распределение территорий осуществляется на основании генеральных планов, на которых указаны участки расселения, использования природного компонента, а также учитываются территориальные возможности производительных сил. Весь комплекс планирования, определения зон, застройки и т. д. необходим, чтобы городские и сельские поселения были максимально удобными, грамотно распланированными, отвечающими требованиям безопасного проживания, а также имели способность развивать инфраструктуру на территории. В СНиП 2.07.01-89:2 дается определение «селитебная зона», определяются правила, требования, регламентируется последовательность действий для создания городских и сельских поселений, а также указываются данные для проведения расчетов [64].

Промышленные объекты являются основным источником загрязнения окружающей среды. Поэтому следует учитывать, при создании селитебной зоны, направление ветра, которое наиболее вероятно в этой местности. Так же селитебная зона должна быть отгорожена от промышленных предприятий зелеными насаждениями.

2. Охрана воздушного бассейна.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого на участке восстановления ковша экскаватора ФЮРА.РС400L.164.00.000 СБ используют масляные фильтры CF-PS12 (325(2)/170) для очистки воздуха от пыли по ГОСТ Р 51251-99. Фильтр устанавливается в системе вытяжной вентиляции. Пыль, проходя через лабиринт отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мере загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95-98 процентов.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30 процентов вредных веществ для рабочей зоны [64].

3. Охрана водного бассейна.

Охрана водного бассейна заключается в очистке стоков машиностроительного предприятия, для этого применяют механические методы, химические и физико-химические методы, а также комбинированные. Выбор того или иного метода зависит от концентрации взвешенного вещества, степени дисперсности его частиц и требований, предъявляемых к очищенной воде.

4. Охрана почв и утилизация промышленных отходов.

На проектируемом участке сборки и сварки ковша экскаватора предусмотрены емкости для складирования металлических отходов (обрезки сварочной проволоки, бракованные изделия), а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются в металлургический цех, где они перерабатываются, а весь мусор вывозится за территорию предприятия в специально отведенные места и уничтожается [64].

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

На участке возможно возникновение пожара. Поэтому разработанный участок оборудован специальными средствами пожаротушения:

- пожарными водопроводными кранами (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) – 2 шт.;
- огнетушитель ОВЭ-8 (з) АВСЕ 01 морозостойкий Пожнанотех [65] (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;
- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе в целях интенсификации производства, повышения качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления разработан механизированный участок восстановления ковша экскаватора.

Для восстановления ковша экскаватора применено приспособление крепежное, которое устанавливается на сварочный вращатель, выбраны режимы сварки и наплавки, разработаны технологические карты.

Кроме того, в данной работе приведено обоснование выбора способа сварки, сварочных материалов и оборудования, произведён расчёт элементов приспособлений.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности, охране труда и совершенствованию организации труда. Посчитана экономическая составляющая предлагаемого технологического процесса.

Годовая производственная программа составляет 1 изделие.

Площадь спроектированного участка – 41,685 м²;

Средний коэффициент загрузки оборудования – 4,68 %;

Количество приведенных затрат – 20559,2 руб./изд.×год.

Библиография

1. Раннев А.В. Одноковшовые строительные экскаваторы / А.В. Раннев; редактор З.В. Михальчук; художественный редактор Л.К. Громова; технический редактор А.К. Нестерова; корректор Г.А. Чечеткина. – Москва.: Высшая школа, 1991. – 304 с.
2. Смолин А.П. Экскаваторы Э-505, Э-505А (Э-651). Конструкция, эксплуатация и ремонт/ А.П. Смолин; Рецензент ннж. С.В. Шимаиович; Редактор инж. М.Н. Кримерман. – М.: МАШГИЗ, 1958. – 260 с. УДК 621.879.31
3. Иванов А.В., Пирозерская О.Л. Перспективные способы наплавки и механической обработки восстанавливаемых деталей // Технико-технологические проблемы сервиса. 2010. №3. С. 7–9.
4. Антонов А.А., Артемьев А.А., Соколов Г.Н., Дубцов Ю.Н., Зорин И.В., Вавуленко А.А., Королев М.П., Устинов Н.Н. Аргонодуговая наплавка порошковой проволокой с подачей модификатора в сварочную ванну // Изв. ВолгГТУ. 2016. № 15. С. 102–105.
5. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Гладковский С.В., Голиков Н.А. Исследование свойств сварных соединений марганцовистой стали, полученных низкочастотной импульсно-дуговой сваркой // Деформация и разрушение. 2016. № 4. С. 36–41.
6. *Sharma S.K., Maheshwari S. A review on welding of high strength oil and gas pipeline steels // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2017. No. 38. P. 203–217.*
7. Голиков Н.И., Сараев Ю.Н., Слепцов О.И., Степанова К.В., Семенов С.В. Импульснодуговая наплавка для восстановления изношенных деталей // Наука и образование. 2015. № 3. С. 69–75.
8. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Гладковский С.В., Голиков Н.И. Повышение надежности металлических конструкций при эксплуатации в условиях низких климатических температур посредством комплексного

применения современных методов модифицирования зоны сварного соединения // Сварочное производство. 2016. № 9. С. 3–9.

9. Голиков Н.И., Сараев Ю.Н., Тихонов Р.П., Семёнов С.В. Степанова К.В., Харбин Н.Н. Способ восстановления деталей горнодобывающей техники, эксплуатирующейся в условиях севера // Наука и образование – 2017 – №4 – С.82-87.

10. Износостойкая сталь XAR. Марки и их характеристики, применение и преимущества *URL*: https://emk24.ru/wiki/spetsialnye_stali/iznosostoykie-stali-xar_12830557/ (дата обращения: 19.02.2023)

11. *DILLIDUR* *URL*: <https://www.dillinger.de/d/en/products/proprietary-steels/dillidur/> (дата обращения: 19.02.2023)

12. Изобретаем сталь заново *URL*: <https://www.ssab.com/ru-ru> (дата обращения: 19.02.2023)

13. Ларионов А.В. Совершенствование технологии ремонта ковша экскаватора ЭКГ-5А // Лучшая научная статья 2022. Сборник статей XLVII Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2022. Издательство: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.) (Пенза) – 2022 – С.40-44. УДК: 622.271.022

14. ГОСТ 24406-80 – Одноковшовые экскаваторы и их составные части, сдаваемые в капитальный ремонт и выдаваемые из капитального ремонта. Технические требования

15. ОСТ 12.44.107-79 Изделия угольного машиностроения. Общие технические требования к изготовлению.

16. ОСТ 36-58-81 «Конструкции строительные. Сварка. Основные требования».

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».

18. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.

19. СТО 9701105632-003-2021. Инструкция по визуальному и измерительному контролю
20. ГОСТ Р ИСО 17637-2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением»
21. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, М28 А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко – М.: 2014. 1216 с.: илл. ISBN 978-5-94275-582-9
22. Механические свойства стали 10хснд URL: <https://rustaste.ru/mekhanicheskie-svojjstva-stali-10khsnd.html> (дата обращения: 04.04.2023)
23. 35ХГСА URL: <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukzionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/35xgsa/> (дата обращения: 04.04.2023)
24. Сталь 35 – расшифровка, химический состав, характеристики и сферы применения URL: <https://areal-metal.ru/spravka/stal-35-rasshifrovka-himicheskij-sostav-harakteristiki-i-sfery-primeneniya> (дата обращения: 04.04.2023)
25. ВСтЗпс URL: <https://resursmsk.ru/vst3ps> (дата обращения: 04.04.2023)
26. *Hardox*® 600 URL: <https://www.ssab.com/ru-ru/brands-and-products/hardox/product-program/600> (дата обращения: 04.04.2023)
27. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением – Издательство ТПУ, 2008 г. – 96 с.
28. Гривняк И. Свариваемость сталей: Пер. со словац. Л.С. Гончаренко; под ред. Э.Л. Макарова.-М.: Машиностроение, 1984. - 216 с.
29. Китаев А.М. Китаев Я.А. Справочная книга сварщика. – М: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил. (Серия справочников для рабочих).
30. Сварка стали *Hardox* URL: <https://studylib.ru/doc/6219723/svarka-stali-hardox> (дата обращения: 04.04.2023)

31. *OK ARISTOROD 69* URL: <https://www.esab.ru/ru/ru/products/filler-metals/mig-mag-wires-gmaw/low-alloy-wires/ok-aristorod-69.cfm> (дата обращения: 04.04.2023)
32. Быковский О.Г., Петренко В.Р., Пешков В.В. Справочник сварщика. М.: Машиностроение, 2011. – 336 с.; ил.
33. Проволока порошковая ПП-70Х4М3Г2ФТР (ЗСМ-022) URL: <https://uralsnabmetiz.com/katalog/provoloka/provoloka-poroshkovaya/provoloka-poroshkovaya-70h4m3g2ftr-pp-zsm-022/> (дата обращения: 04.04.2023)
34. ГОСТ 26101-84 – Проволока порошковая наплавочная. Технические условия
35. Сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2) URL: <https://www.seveko.ru/catalog/elektro-svarochnoe-oborudovanie/poluavtomaticheskaya-svarka/poluavtomaty-perenosnoj-mpp/pdgo-570-4k-s-vs-500/> (дата обращения: 04.04.2023)
36. Маслов Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: Учеб. пос. для вузов. – М.: Академия, 2008. – 272 с ISBN 978-5-7695-4275-6
37. Ильяшенко Д.П. Сварочное производство. Неразрушающий контроль: учебно-методическое пособие / Д.П. Ильященко. М.А. Кузнецов. А.А. Ермаков; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2022. – 109 с. ISBN 978-5-4387-1066-0
38. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства». – Томск: Изд. ЮФТПУ. – 2000. – С.24 с.
39. Общемашиностроительные укрупнённые нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов.
40. Ахумов В.А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.

41. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-ое издание, переработанное и дополненное. Москва, "Машиностроение", 1989 – 496 с.
42. АО «КУЗБАССЭНЕРГО» URL: <https://sibgenco.ru/companies/oao-kuzbassenergo/> (дата обращения 06.04.2023)
43. Хромченко Ф. А., Справочное пособие электросварщика. – 2-е изд., испр. – М: Машиностроение, 2005. – 416 с.; ил. ISBN 5-217-03304-5
44. Крампит Н.Ю. Сварочные приспособления. Учебное пособие для ст. спец. 120500, ИПЛ ЮТИ ТПУ-2004.
45. Хайдарова А.А. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. – 132 с.
46. ГОСТ Р 2.601-2019 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы».
- 7 Крампит Н.Ю. Проектирование сварочных цехов: Методические указания. Ю.: Изд-во ИПЛ ЮТИ ТПУ. – 2005. – 40 с.
48. Подающее устройство ПДГО-570-4К URL: https://svartop.ru/catalog/svarka_mig_mag_poluavtomaticheskaya_svarka/podayushchee_ustroystvo_pdgo_570_4k/ (дата обращения 02.05.2023)
49. СВАРОЧНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ ВС-500 URL: <http://www.btsm-weld.ru/istochniki/vs-500.html> (дата обращения 02.05.2023)
50. Двухстоечный сварочный вращатель серии ВЕМ URL: <https://www.svartools.ru/card/dvuhstoechnyy-svarochnyy-vraschatel-serii-bem/> (дата обращения 04.05.2023)
51. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов 151001 «Машиностроение», - ЮТИ ТПУ, 2020. – 24 с.

52. Лист стальной 10 мм HARDOX 600 гост 19903-74 URL: https://ekb.pulscen.ru/products/list_stalnoy_10_mm_hardox_600_gost_19903_74_221979921 (дата обращения 03.05.2023)

53. Проволока наплавочная ПП-ЗСМ-022 тип металла 70X4M3Г2ФТР URL: https://www.yus174.ru/goods/138796879-provoloka_naplavochnaya_pp_zsm_022_tip_metalla_70kh4m3g2ftr (дата обращения 04.05.2023)

54. Проволока сварочная ESAB OK Aristorod 69 (OK Aristorod 13.29) URL: <https://www.ventsvar.ru/catalog/esab-ok-aristorod-69.html?pid=60530> (дата обращения: 04.05.2023)

55. Газовая смесь аргон-углекислота (75-80% Ar, 25-20% CO₂) 40 л URL: https://www.promgaznovosib.ru/goods/149684719-gazovaya_smes_argon_uglekislota_75_80_ar_25_20_so2_40_1 (дата обращения: 04.05.2023)

56. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)»

57. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

58. Запыленность и загазованность воздуха в рабочих зонах URL: <http://www.ecolosorse.ru/ecologs-281-1.html> (дата обращения: 09.05.2023)

58. Русак О.Н., доктор технических наук, профессор. Промышленная вентиляция Учебное пособие по лабораторным, практическим и дипломным работам бакалавров и магистерским диссертациям. Санкт-Петербург 2011.

60. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. "Расчеты комфорта и безопасности". – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2012. – 96 с.

61. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

62. Кукин П.П., Лапин В.Л. Подгорных Е.А. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298 с.

63. Брауде М.З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. – 141 с.

64. Селитебные зоны – это что? Селитебная территория *URL:* <http://fb.ru/article/288464/selitebnyie-zonyi---eto-chto-selitebnaya-territoriya> (дата обращения: 09.05.2023)

65. Огнетушитель ОБЭ-8 (з) АВСЕ 01 морозостойкие Пожнотех *URL:* <https://novosibirsk.di01.ru/product/ove-8-z-avsye-01-morozostoykie-pozhnanotekh/> (дата обращения: 31.05.2023)

Приложение А

(обязательное)

Спецификация Ковш экскаваторный

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|-----------|---------------------------|------------------|--|------------|------|------|----------|-------|------|---------|--|---------|--|--|-------|--|-----------|--|--|----------|--|-----------|--|--|------|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Документация</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | ФЮРА.РС400L.164.00.000 СБ | Сборочный чертеж | | 2-А1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Сборочные единицы</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | ФЮРА.РС400L.164.01.000 | Ковш | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Детали</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | ФЮРА.РС400L.164.00.001 | Левое ухо | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | ФЮРА.РС400L.164.00.002 | Ухо | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | ФЮРА.РС400L.164.00.003 | Втулка 144 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | ФЮРА.РС400L.164.00.004 | Втулка 125 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6 | ФЮРА.РС400L.164.00.005 | Втулка 72 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 7 | ФЮРА.РС400L.164.00.006 | Втулка 53 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | ФЮРА.РС400L.164.00.007 | Втулка подвижная | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9 | ФЮРА.РС400L.164.00.008 | Палец | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | ФЮРА.РС400L.164.00.009 | Скоба внутренняя | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 11 | ФЮРА.РС400L.164.00.010 | Скоба левая | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | ФЮРА.РС400L.164.00.011 | Скоба правая | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>ФЮРА.РС400L.164.00.000</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Кургина</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Ильященко</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Ильященко</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Разраб. | | Кургина | | | Проб. | | Ильященко | | | Н.контр. | | Ильященко | | | Утв. | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разраб. | | Кургина | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Проб. | | Ильященко | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | Ильященко | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Ковш экскаваторный</p> | | | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>ц</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table> | | Лист | Лист | Листов | ц | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Лист | Листов | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ц | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>ЮТИ ТПУ зр. 3-10А81</p> | | | | | <p>Формат А4</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Копировал

Формат А4

Приложение Б

(обязательное)

Спецификация Приспособление крепежное

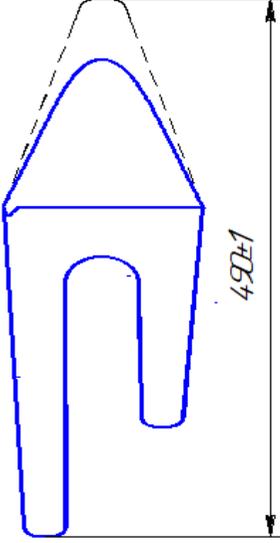
| Инв. № | Взам. инв. № | Инв. № дробл. | Подп. и дата | Подп. и дата | Инв. № дробл. | Подп. и дата | Перв. примен. | Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание | | |
|---------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------|------|------|---------------------------|--------------------------|------|------------------------|------|--------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | <u>Документация</u> | | | | |
| | | | | | | | | A1 | | | ФЮРА.000001.164.00.000 СБ | Сборочный чертеж | | | | |
| | | | | | | | | | | | | <u>Сборочные единицы</u> | | | | |
| | | | | | | | | | 1 | | ФЮРА.000001.164.01.000 | Рукоять | 2 | | | |
| | | | | | | | | | | | | <u>Детали</u> | | | | |
| | | | | | | | | | 2 | | ФЮРА.000001.164.00.001 | Винт | 2 | | | |
| | | | | | | | | | 3 | | ФЮРА.000001.164.00.002 | Пластина | 2 | | | |
| | | | | | | | | | 4 | | ФЮРА.000001.164.00.003 | Упор | 2 | | | |
| | | | | | | | | | 5 | | ФЮРА.000001.164.00.004 | Ось | 1 | | | |
| | | | | | | | | | 6 | | ФЮРА.000001.164.00.005 | Рычаг | 1 | | | |
| | | | | | | | | | 7 | | ФЮРА.000001.164.00.006 | Фланец | 2 | | | |
| | | | | | | | | | 8 | | ФЮРА.000001.164.00.007 | Держатель | 1 | | | |
| | | | | | | | | | 9 | | ФЮРА.000001.164.00.008 | Ось | 2 | | | |
| | | | | | | | | | | | | ФЮРА.000001.164.00.000 | | | | |
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | Лист | Лист | Листов |
| Разраб. | | Кургинан | | | | | | | | | | | | 4 | | 1 |
| Проб. | | Ильященко | | | | | | | | | | | | ЮТИ ТПУ зр. 3-10А81 | | |
| Нконтр. | | Ильященко | | | | | | | | | | | | Формат А4 | | |
| Утв. | | | | | | | | | | | | | | | | |

Копировал

Приложение В

(обязательное)

Операционная технологическая карта наплавки зубьев

| • Операционная технологическая карта наплавки зубьев, выполняемой <u>самозащитной</u> порошковой проволокой | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------------------|---------|-------------|--|--|---|----------------------|
| <u>Тип соединения (по НД)</u> | | <u>Положение при наплавке</u> | | | <u>Способ наплавки</u> | <u>Конструктивные элементы сварных соединений</u> | <u>Наименование НД (шифр)</u> | |
| - | | <u>Нижнее</u> | | | МНП | Зуб | ОСТ 12.44.107-79 | |
| Характеристика уголка стального | | | | | Требования к прихватке | Параметры разделки кромок и сварного шва | Сварочные материалы | |
| Наименование изделия, номер ТУ, ГОСТа | Диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Тип шва | Марка стали | Вид соединения |  | <u>Самозащитная</u> порошковая проволока: ПП 70Х4МЗГ2ФТР | |
| Зуб: • ОСТ 24.072.05-80 | -- | - | - | 35ХГСА | - | | | |
| Параметры режимов наплавки | | | | | | | | |
| Слой шва | Марка проволоки | | | Диаметр, мм | Род и полярность тока | Сила тока, А | Напряжение, V | Скорость сварки, м/ч |
| Основной | ПП 70Х4МЗГ2ФТР | | | 2,8 | <u>Постоянный</u> , обратной полярности | 260-300 | 26-30 | 8-12 |

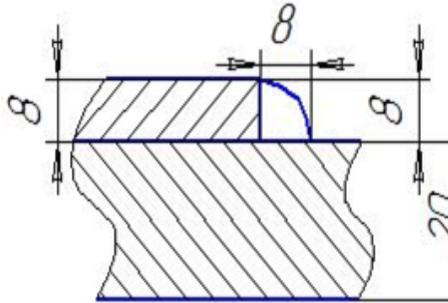
ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИИ НАПЛАВКИ

| № п/п | Операция | Содержание операций | Оборудование и инструмент |
|--------------------------------|-------------------------------|---|--|
| 1 | Подготовка поверхности | Очистить от земли, глины, ржавчины и других загрязнений. | Металлическая щетка STAINLESSSTEL кол-во 2шт, Угловая шлифовальная машинка BOCH GRB14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток |
| 2 | Подогрев зубьев | Выполнить предварительный подогрев зубьев. Температура подогрева перед наплавкой 300±30 °С. | Горелка газовая ГЭУ-4; Очки; Пирометр - ДТ8862. |
| 3 | Наплавка | Выполнить наплавку зуба до стандартных габаритов. | Сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2), Металлическая щетка |
| 4 | Отпуск | Выполнить отпуск металла. Температура отпуска после наплавки 330 ⁺³⁰ °С. | Пирометр, Горелка газовая ГЗУ-4 45 |
| 5 | Слесарная обработка | Зачистить лишний наплавленный металл, придать гладкость поверхности восстановленного зуба. | Угловая шлифовальная машинка BOCH GRB14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором обдирочных и абразивных кругов |
| 6 | Контроль качества | Контроль качества наплавленной поверхности произвести: - внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100% | Комплект ВИК "Базовый" |
| Требования к контролю качества | | | |
| Метод контроля | | Наименование (шифр) НД | Объем контроля (% кол-во) |
| ВИК | | ГОСТ Р ИСО 17637-2014 | 100 % |
| Разработал | Ф.И.О. | Подпись | Дата |
| Студент | Кургинян Э.Н. | | |
| Проверил | Ф.И.О. | | Оценка выполненной работы |
| к.т.н., доцент | Ильяшенко Д.П. | | |

Приложение Г

(обязательное)

Операционная технологическая карта приварки листа

| 1. Операционная технологическая карта приварки листа, выполняемой плавящимся электродом в смеси газов | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|---------------------|---|--|--|---------------|----------------------|
| Тип соединения (по НД) | | Положение при сварке | | Способ сварки | Конструктивные элементы сварных соединений | Наименование НД (шифр) | | |
| <u>Нахлесточное</u> соединение | | Нижнее | | МП | Лист + Лист | ОСТ 12.44.107-79 | | |
| Характеристика уголка стального | | | | Требования к прихватке | Параметры разделки кромок и сварного шва | Сварочные материалы | | |
| Наименование изделия, номер ТУ, ГОСТа | Диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Тип шва | Марка стали | Вид соединения | 1). Сварочная проволока <i>OK ARISTOROD 69</i> по <i>ER110S-G</i> классификация AWS A5.28 диаметр 1,2 мм (корневой слой шва). 2). Защитный газ <i>Ar</i> и <i>CO₂</i> (<i>Ar</i> - 80%, <i>CO₂</i> - 20%) <i>ISO 14175 - M21</i> | | |
| Лист | - | 8,0 | <u>Нахлесточный</u> | <u>Hardox 600</u> | <u>Нахлесточное</u> | | | |
| | | | | Число прихваток по периметру 42. Протяженность в одной прихватки 5-20 мм. |  | | | |
| Параметры режимов сварки | | | | | | | | |
| Слой шва | Марка проволоки | | Диаметр, мм | | Род и полярность тока | Сила тока, А | Напряжение, V | Скорость сварки, м/ч |
| Основной | <i>OK ARISTOROD 69</i> | | 1,2 | | <u>Постоянный</u> обратной полярности | 220-260 | 22-26 | 5-9 |

ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИИ СБОРКИ И СВАРКИ

| № д/п | Операция | Содержание операций | Оборудование и инструмент |
|--------------------------------|------------------------|---|---|
| 1 | Подготовка поверхности | Очистить от земли, глины, ржавчины и других загрязнений. | Металлическая щетка STAINLESSSTEL кол-во 2шт, Угловая шлифовальная машинка BOCH GRB14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток |
| 2 | Подогрев соединения | Выполнить предварительный подогрев зубьев. Температура подогрева перед наплавкой 300±30 °С. | Горелка газовая ГЭУ-4; Очки; Пирометр - ДТ8862. |
| 3 | Сборка соединения | Установить лист по месту. Выполнить прихватки на равном расстоянии друг от друга в местах последующего наложения сварного шва. Перед прихваткой и началом сварки качество сборки стыка должен проверить сварщик. Длина прихваток должна быть не менее 5-20 мм. Прихватки необходимо выполнять с полным проваром и по возможности переваривать при наложении основного шва. Прихваточные швы должны быть равномерно расположены по периметру стыка. Прихватки зачистить от шлака и проконтролировать | Сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2), Металлическая щетка |
| 4 | Подогрев соединения | Выполнить предварительный подогрев листа. Температура подогрева перед наплавкой 300±30 °С. | Пирометр, Горелка газовая ГЭУ-4 45 |
| 5 | Сварка | Сварку начинать сразу после прихватки. Сварку необходимо выполнять на стабильном режиме. Допускаемые отклонения принятых значений силы сварочного тока и напряжения на дуге не должны превышать ±5% от номинальных. В процессе сварки должны быть обеспечены полный провар корня шва и заделка кратера. Проварить шов. После окончания сварки со шва и околошовной зоны удалить, наплывы и брызги металла. Удаление шлака произвести после остывания шва (через 1-2 минуты после потемнения). Клеймить клеймом сварщика | Сварочный полуавтомат ПДГО-570-4К с ВС-500 (серия 2), Металлическая щетка |
| 6 | Слесарная обработка | Зачистить сварной шов и околошовную зону от брызг сварки. | Угловая шлифовальная машинка BOCH GRB14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором обдирочных и абразивных кругов |
| 7 | Контроль качества | Контроль качества наплавленной поверхности произвести: - внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100% | Комплект ВИК "Базовый" |
| Требования к контролю качества | | | |
| Метод контроля | | Наименование (шифр) НД | Объем контроля (% кол-во) |
| ВИК | | ГОСТ Р ИСО 17637-2014 | 100 % |
| Разработал | Ф.И.О. | Подпись | Дата |
| Студент | Кургиня Э.Н. | | |
| Проверил | Ф.И.О. | | |
| к.т.н., доцент | Ильященко Д.П. | | |
| Оценка выполненной работы | | | |