

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления
ограждения автодорог

Студент

Н.А. Толчинин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Всё большую роль в изготовлении сварных конструкций играют сварка порошковой самозащитной проволокой и сварка защитных газах проволокой сплошного сечения. Переход на механизированные способы сварки позволяет получить экономический эффект и повысить показатели качества выполняемых работ.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении ограждений автодорог.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- повысить эффективность механизированной сварки в защитных газах за счёт применения достижений в области управления сваркой;

- составить проектную технологию изготовления ограждения (последовательность выполнения технологических операций, применяемое сварочное и вспомогательное оборудование, назначение параметров режима сварки, контроль качества).

Составлена проектная технология сборки и сварки изделия, в которой сварочные операции с использованием ручной дуговой сварки изменены на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением дугой.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 688 тыс. рублей.

Abstract

The title of the graduation work is «Technological process for the manufacture of road fences».

An increasing role in the production of welded structures is played by self-shielded flux-cored wire and gas-shielded welding with solid wire. The transition to mechanized welding methods allows obtaining an economic effect and increasing the quality indicators of the work performed.

The aim of the work is increasing productivity and quality of welding work in the manufacture of road fences.

The following tasks have been solved:

- justification for the choice of the welding method;
- increasing the efficiency of the selected welding method in relation to the product in question;
- preparation of design technology for assembly and welding of the product.

A design technology for assembly and welding of a product has been drawn up, in which welding operations using manual arc welding are changed to mechanized gas-shielded welding with pulse control of the arc.

The analysis of the design technology of welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,688 million rubles.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 6 |
| 1 Современное состояние изготовления ограждений автодорог..... | 7 |
| 1.1 Описание конструкции ограждения..... | 7 |
| 1.2 Сведения о материале ограждения | 10 |
| 1.3 Базовая технология изготовления ограждения..... | 11 |
| 1.4 Выбор способа сварки ограждения..... | 16 |
| 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы | 21 |
| 2 Проектная технология изготовления ограждения | 22 |
| 2.1 Очистка поверхности проката..... | 22 |
| 2.2 Правка проката..... | 22 |
| 2.3 Разметка и механическая резка заготовок..... | 23 |
| 2.4 Транспортировка заготовок | 23 |
| 2.5 Зачистка и сборка..... | 23 |
| 2.6 Прихватка и сварка | 24 |
| 2.7 Контроль качества | 25 |
| 2.8 Повышение эффективности механизированной сварки проволокой сплошного сечения..... | 27 |
| 3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса | 33 |
| 3.1 Технологическая характеристика объекта | 33 |
| 3.2 Идентификация профессиональных рисков | 35 |
| 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 37 |
| 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта..... | 38 |
| 3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта | 40 |
| 4 Оценка экономической эффективности проектной технологии..... | 42 |
| 4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки | |

| | |
|---|----|
| предлагаемых технических решений | 42 |
| 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования | 44 |
| 4.3 Расчет штучного времени | 45 |
| 4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии | 47 |
| 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии. | 51 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности. | 54 |
| Заключение | 57 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 58 |

Введение

В настоящее время в Российской Федерации происходит развитие сети автодорог, прокладываются новые и расширяются уже имеющиеся дорожные ветки. При этом возникает конфликт с уже существующей инфраструктурой населённых пунктов. Повышение безопасности дорожного движения, в первую очередь, опирается на принцип разделения транспортных потоков. При этом пешеходный поток должен пересекать автомобильный в минимальном количестве мест, устройство которых выполнено с соблюдением действующих нормативов безопасности. Несанкционированное же пересечение пешеходного и транспортного потоков должно быть устранено. Для этого применяются различные ограждения, внешнее устройство которых в последнее время развивается с учётом обеспечения эстетичности форм и гармоничного встраивания в городскую среду обитания.

В настоящее время проходит глубокая модернизация промышленности России, направленная на их укрупнение. Повсеместно от кустарных и полукустарных производств переходят к современным промышленным предприятиям, использующим новейшее сварочное оборудование и сертифицированные технологии. Доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки.

Всё большую роль в изготовлении сварных конструкций играют сварка порошковой самозащитной проволокой и сварка защитных газах проволокой сплошного сечения. Переход на механизированные способы сварки позволяет получить экономический эффект и повысить показатели качества выполняемых работ.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении ограждений автодорог.

1 Современное состояние изготовления ограждений автодорог

1.1 Описание конструкции ограждения

Типовая секция навесного ограждения автодороги, представленная на рисунке 1, в свой основе содержит сварной каркас. Каркас изготавливается с применением дуговой электросварки из заготовок профильной трубы прямоугольного сечения. Для изготовления заготовок каркаса применяется труба сечением 40 x 60 мм и толщиной стенки 2 мм. К сварному каркасу выполняется приварка приваривается обрешётки. Обрешётка выполнена из профильной из профильной трубы прямоугольного сечения. Для заготовок обрешётки используется труба сечением 20 x 20 мм с толщиной стенки 1,5 мм.

Изготовление сварного каркаса ограждения выполняется с применением ручной дуговой электросварки штучными электродами с получением сварных соединения по ГОСТ 5264-80. Элементы сварного каркаса свариваются с получением сварных швов по ГОСТ 5264 -76 – стыковые С2 согласно рисунка 2.

Элементы обрешётки свариваются с получением сварных швов по ГОСТ 5264 -76 – стыковые С2 согласно рисунка 3.

Также при выполнении соединения элементов обрешетки применяются сварные швы ГОСТ 5264 -76 – стыковые С3 согласно рисунка 4.

Кроме этого при выполнении соединения элементов обрешётки применяются сварные швы ГОСТ 5264 -76 – тавровые Т1 согласно рисунка 5.

Крепление обрешётки относительно каркасы выполняется прерывистыми сварными швами ГОСТ 5264 -76 – тавровые У2 согласно рисунка 6.

Также при креплении светозащитного полотна использовано болтовое соединение.

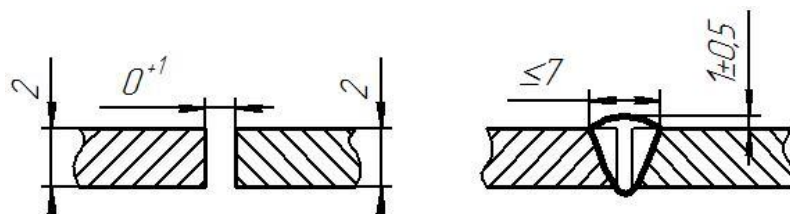


Рисунок 2 – Стыковое соединение С2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 2 мм

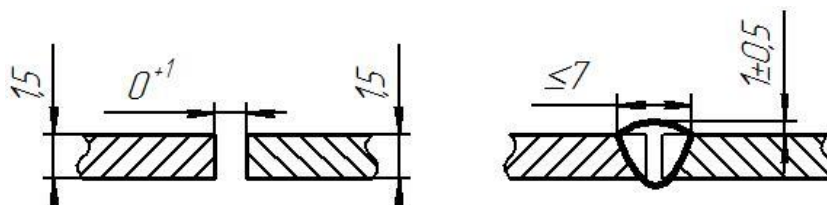


Рисунок 3 – Стыковое соединение С2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

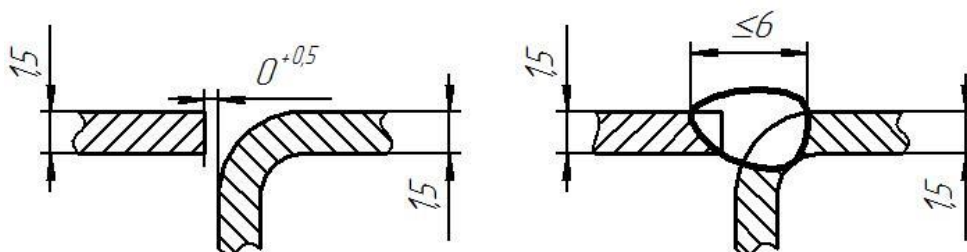


Рисунок 4 – Стыковое соединение С3 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

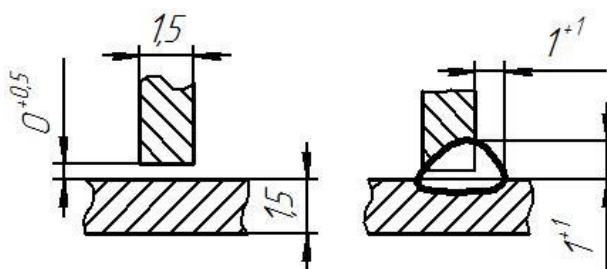


Рисунок 5 – Стыковое соединение Т1 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

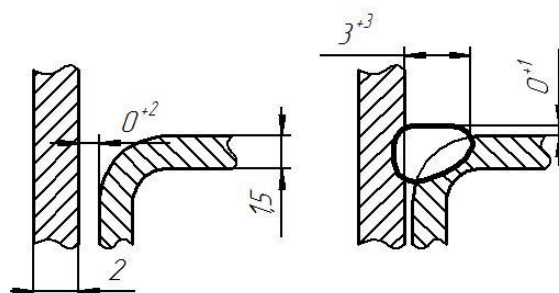


Рисунок 6 – Стыковое соединение У2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм + 2,0 мм

1.2 Сведения о материале ограждения

Материал, из которого изготавливаются элементы конструкции изделия – сталь Ст3, состав которой представлен в таблице 1, нашла широкое применение при изготовлении металлических конструкций [18].

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали Ст3

| Fe | C | Mn | Si | P | S |
|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Основа | 0,17 % | 0,5 % | 0,2 % | 0,03 % | 0,04 % |

Таблица 2 – Механические свойства стали Ст3

| σ_b , кгс/мм ² | σ_b , кгс/мм ² | σ_b , кгс/мм ² | Изгиб на 180° для толщин до 20 мм |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 38...49 | 20 | 26 | d=0,5a |

Сталь Ст3 получила широкое применение при выполнении несущих конструкций, строительство которых предполагает выполнение сварных швов. Как показывают результаты исследований, основной металл и сварные швы достаточно долго могут сопротивляться усталостному разрушению, при этом общее число циклов нагружения до разрушения конструкции составляет от 10 тыс. до 40 тыс. в зависимости от исходного состояния стали [24], [31].

Повышение эксплуатационных свойств конструкций из стали Ст3 возможно при её модификации с использованием модифицирующих добавок отечественного и зарубежного производства [21]. Введение в расплав небольшого количества модификатора изменяет строение стали, структуру и свойства неметаллических включений.

Коррозионная стойкость стали Ст3 относительно невысока, она относится к пониженно стойким материалам [5].

Сталь Ст3 может быть легко сварена с применением всех известных способов сварки, так как свариваемость её – хорошая. Термической обработки при сварке конструкций не требуется.

1.3 Базовая технология изготовления ограждения

Основные и вспомогательные операции технологического процесса сварки элементов ограждения выполняются в цехе металлоконструкций. Технологический процесс изготовления включает в себя последовательное выполнение следующих операций: очистка поверхности проката от загрязнений, правка проката, разметка, механическая резка трубы, транспортировка, сборка с прихваткой, сварка, контроль качества.

Перед началом изготовления элементов ограждения следует очистить всю поверхность проката от окалины и ржавчины. Для этого применяется мобильный пескоструйный аппарат 1028N (пр-ва Hodge Clemco, Великобритания), представленный на рисунке 7. Параметры пескоструйной очистки: рабочее давление воздуха – 10 бар, диаметр сопла – 12 мм, расход воздуха – 12...14 м³/мин, расход абразива – 50...55 кг/м², абразив – SA 3. Не допускается остаточных жировых пятен на поверхности трубы.



Рисунок 7 – Оборудование для очистки поверхности трубы: мобильный пескоструйный аппарат 1028N

После выполнения очистки поверхности профильной трубы проводят контроль её геометрии и правку. Для контроля геометрии применяется угольник, рулетка металлическая, линейка металлическая 1000 мм. Если

кривизна профильной трубы составляет более 24 мм на 1000 мм (для трубы 40x60 мм) или более 16 мм на 1000 мм (для трубы 20x20 мм), то необходимо выполнить его правку. Правку трубы прямоугольной формы выполняют на малоразмерной многороликовой правильной машине СКМЗ, представленной на рисунке 8. Параметры правки: скорость правки – 0,25...0,5 м/с, момент правки – 600 кгс·м, входящий угол - 90°20'. Правка на сортоправильной машине позволяет устранить общую волнистость проката и его местные деформации вдоль оси.



Рисунок 8 – Оборудование для правки прямоугольной трубы: малоразмерная правильная машина СКМЗ

Разметку труб перед резкой осуществляют при помощи металлических рулеток со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линеек длиной 1000 мм, угломеров с нониусом, угольников и штангенрейсмусов. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм.

Механическая резка проката выполняется на ленточнопильной машине LS-100, представленной на рисунке 9. Материал полотна – сталь 25Х6ВФ, передний угол зуба – 0°, разводка зубьев – стандартная, шаг зуба – постоянный 8 мм, скорость реза – 20 м/мин, натяжение полотна – 300 Н/мм.

Транспортировка заготовок выполняется крюковым однобалочным краном грузоподъемностью 1 т, представленным на рисунке 10. Скорость движения при транспортировке – 40 м/мин, скорость перемещения тали – 25 м/мин.

Сборку заготовок выполняем на универсальном сборочном стенде, представленном на рисунке 11, позволяющем осуществлять размещение и фиксирование заготовок. Сборочное приспособление должно обеспечивать задание геометрии и конструкции, жёсткость закрепления, плотность прижатия деталей друг к другу. Перемещение элементов конструкции не должно приводит к нарушению сборки. В процессе сборки величина зазора между деталями не должна превышать 1 мм.

Сборочный стенд включает себя: основание 1, балки 2, механизмы перемещения балок 3, каретки 4, механизмы перемещения кареток, подвижные фиксаторы, механизмы перемещения фиксаторов, зажимы деталей.

Прихватку и сварку выполняют ручной дуговой сваркой. В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВД-306, представленный на рисунке 12. В качестве электродов применяются электроды УОНИИ 13/55 согласно таблицы 3 и таблицы 4.



Рисунок 9 – Оборудование для резки прямоугольной трубы: малоразмерная ленточнопильная машина LS-100



Рисунок 10 – Оборудование для выполнения транспортной операции: крюковой однобалочный кран грузоподъёмностью 1 т

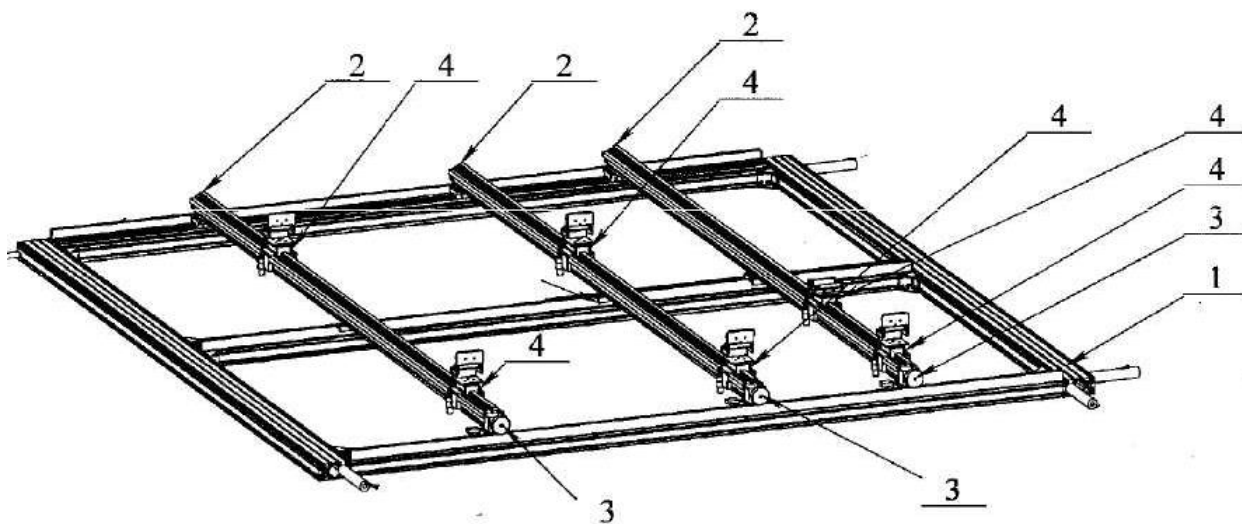


Рисунок 11 – Оборудование для выполнения сборочной операции:
универсальный сборочный стенд



Рисунок 12 – Оборудование для выполнения сварочной операции:
выпрямитель ВД-306

Сварку необходимо выполнять при положительной температуре окружающего воздуха. В порядке исключения допускается вести сварку при температуре не ниже -10°C . Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности («плюс» - на электроде).

Таблица 3 – Химический состав металла сварного шва при использовании электродов УОНИИ 13/55

| Марка электрода | C | Mn | Si | Ni | Mo | S+P |
|-----------------|-------|------|------|----|----|---------|
| УОНИ 13/55 | <0,09 | 1,05 | 0,42 | - | - | < 0,040 |

Таблица 4 – Механические свойства металла сварного шва, выполненного электродами УОНИИ 13/55

| Марка электрода | Предел текучести | Предел прочности | Относительное удлинение | Ударная вязкость KCV | Ударная вязкость KCU |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| | σ_T , Н/мм ² | σ_B , Н/мм ² | δ , % | Дж/см ² | Дж/см ² |
| УОНИ 13/55 | 420 | 530 | 20 | 130, +20°C 80, -40°C | 59, -30°C |

Таблица 5 – Параметры режима сварки по базовому варианту технологии

| Тип шва | Диаметр электрода, мм | Марка электрода | Сила сварочного тока, А | Напряжение дуги, В |
|----------|-----------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|
| стыковой | 2,5...3 | УОНИИ-13/55 | 80-120 | 25-26 |
| тавровый | 3...4 | УОНИИ-13/55 | 120-160 | 26-27 |

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки. Первым недостатком, который можно отметить, это малая производительность выполнения сварочных работ. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостатком следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

1.4 Выбор способа сварки ограждения

Выбор способа сварки рассматриваемого изделия предусматривает выполнение **четырёх** этапов.

На **первом этапе** следует перечислить все возможные способы сварки, которые способны обеспечить защиту расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Сварка конструкций из стали Ст3 может выполняться всеми способами [23]: газовая сварка, ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, автоматическая сварка под флюсом, сварка самозащитной порошковой проволокой.

На **втором этапе** следует выбрать способы сварки, пригодные для рассматриваемой толщины – 1,5 мм и 2 мм. Для рассматриваемого изделия следует признать в качестве пригодных следующие способы сварки: ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, сварка самозащитной порошковой проволокой..

На **третьем этапе** выполняют анализ протяжённости и пространственного положения швов. Применительно к рассматриваемому изделию протяжённость швов составляет десятки и сотни миллиметров, эти швы располагаются в пространстве различным образом (каркасная конструкция). Исходя из этого применение автоматических способов сварки следует признать нецелесообразным. Поэтому для окончательного анализа следует выделить: ручная дуговая сварка, сварка плавящимся электродом в защитных газах, сварка порошковой самозащитной проволокой.

На **четвёртом этапе** следует выполнить анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки.

Ручная дуговая сварка, схема которой представлена на рисунке 13, получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление

технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. Выпуск новой продукции может быть начат практически сразу.

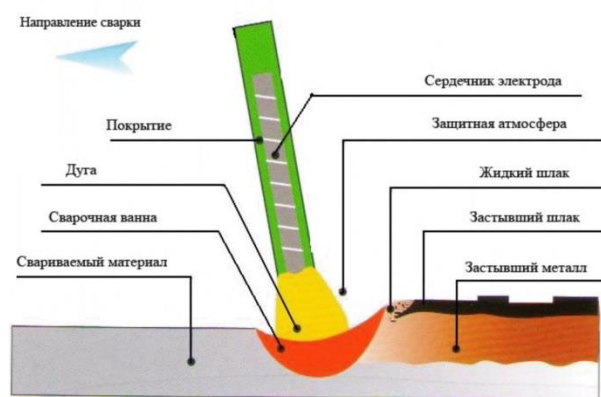


Рисунок 13 – Схема ручной дуговой сварки штучными электродами

Первым недостатком следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Вторым недостатком следует признать малую производительность выполнения сварочных работ. Третьим недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ – это четвёртый недостаток. Пятым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала.

Механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, схема которой представлена на рисунке 14 получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться [9], [19], [20], [28]. В числе преимуществ способа

следует отметить, во-первых, отсутствие шлаковой корки. В качестве второго преимущества следует отметить, что визуальное наблюдение за сваркой намного проще, чем при других способах сварки. В качестве третьего преимущества следует отметить существенное улучшение условий труда сварщика по сравнению с другими способами сварки. В качестве четвертого преимущества следует отметить существенное повышение производительности сварочных работ по сравнению с ручной дуговой сваркой.

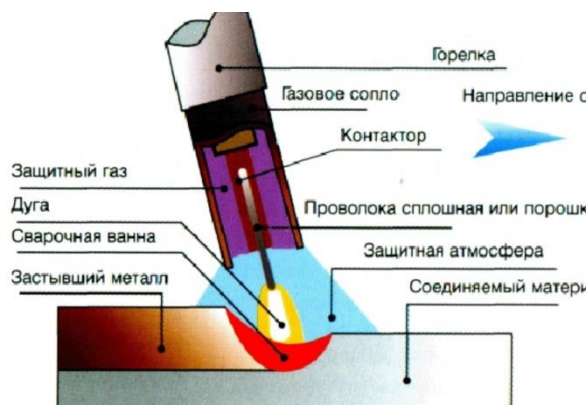


Рисунок 14 – Схема механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Вторым недостатком следует признать интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Третьим недостатком является необходимость применения механизма подачи проволоки и газового оборудования, что существенно снижает мобильность способа. Четвёртым недостатком является затруднение сварки на открытом воздухе из-за сноса защитного газа.

Сварка самозащитной порошковой проволокой, схема которой представлена на рисунке 15, обладает преимуществами ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах [12], [16], [22], [26]. Во-первых, отпадает необходимость использования газовых баллонов и механизма подачи газа,

что существенно упрощает оборудование. Во-вторых, наблюдается существенное повышение мобильности сварщика, которая объясняется отсутствием тяжёлых газовых баллонов. В-третьих, За счёт улучшения условий горения сварочной дуги появляется возможность применения формированных режимов и повышения производительности сварочных работ. В четвёртых, этот способ можно признать почти таким же универсальным, как и ручную дуговую сварку, что делает возможным применение уже имеющегося оборудования для сварки и наплавки новых деталей.



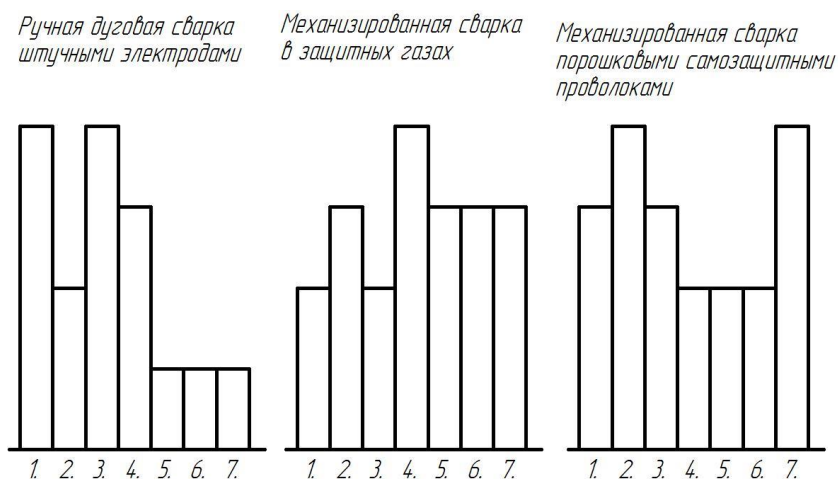
Рисунок 15 – Схема сварки самозащитными порошковыми проволоками

В числе недостатков этого способа сварки следует отметить, во-первых, к механизмам подачи порошковой проволоки предъявляются повышенные требования по сравнению со сваркой в защитных газах. Это объясняется малой жесткостью проволоки и частыми её заломками. Также порошковым проволокам присуща неравномерность плавления оболочки и флюсового сердечника, что приводит к попаданию нерасплавленного флюса в сварочную ванну и образованию дефектов – это второй недостаток. В-третьих, необходимо отметить дороговизну самозащитной проволоки. В-четвёртых, следует отметить высокую жидкотекучесть шлака, что приводит к зашлаковыванию сварного шва и высокой вероятности получения дефектов в виде пор и шлаковых включений.

Для предварительной оценки способа сварки были отобраны следующие способы: ручная дуговая сварка штучными электродами,

механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитном газе, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа была дана экспертная оценка по пунктам, согласно рисунка 16: стоимость оборудования, производительность, маневренность, экономичность, качество варки, условия труда сварщика, внешний вид сварных швов.



1 - стоимость оборудования; 2 - производительность; 3 - маневренность;
4 - экономичность; 5 - качество варки; 6 - условия труда сварщика;
7 - внешний вид сварных швов

Рисунок 16 – Экспертная оценка рассматриваемых способов сварки по критериям

На основании оценки рассматриваемых способов сварки самым технологичным может быть признана механизированная сварка в защитных газах. При этом она обладает потенциалом повышения эффективности в области повышения производительности сварки (п. 2), улучшения качества сварки (п. 5) и внешнего вида сварных швов (п. 7). Повышение производительности может быть достигнуто при переходе на форсированные режимы сварки (увеличенные ток и напряжение на дуге). Улучшение качества сварки и внешнего вида сварных швов может быть достигнуто за счёт применения современных методов управления переносом электродного металла.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при изготовлении ограждений автомобильных дорог.

Во введении сформулирована цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении ограждений автодорог.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки ограждения применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Анализ базовой технологии позволил выявить её недостатки.

Для устранения недостатков базовой технологии должно был обоснован выбор способа сварки. На основании оценки рассматриваемых способов сварки самым технологичным может быть признана механизированная сварка в защитных газах. При этом она обладает потенциалом повышения эффективности в области повышения производительности сварки, улучшения качества сварки и внешнего вида сварных швов. Таким образом, повышение производительности и качества механизированной сварки в защитных газах должно быть основано на применении современных достижений в области управления сваркой.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы:

- повысить эффективность механизированной сварки в защитных газах за счёт применения достижений в области управления сваркой;
- составить проектную технологию изготовления ограждения (последовательность выполнения технологических операций, применяемое сварочное и вспомогательное оборудование, назначение параметров режима сварки, контроль качества).

2 Проектная технология изготовления ограждения

Технологический процесс изготовления ограждения автодорог включает в себя последовательное выполнение следующих операций: очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка заготовок, транспортировка заготовок, зачистка и сборка, прихватка и сварка, контроль качества.

2.1 Очистка поверхности проката

Перед началом изготовления элементов ограждения следует очистить всю поверхность проката от окалины и ржавчины. Для этого применяется мобильный пескоструйный аппарат 1028N (пр-ва Hodge Clemco, Великобритания). Параметры пескоструйной очистки: рабочее давление воздуха – 10 бар, диаметр сопла – 12 мм, расход воздуха – 12...14 м³/мин, расход абразива – 50...55 кг/м², абразив – SA 3. Не допускается остаточных жировых пятен на поверхности трубы.

2.2 Правка проката

После выполнения очистки поверхности профильной трубы проводят контроль её геометрии и правку. Для контроля геометрии применяется угольник, линейка металлическая 1000 мм, капроновая струна, маркер по металлу. Если кривизна профильной трубы составляет более 24 мм на 1000 мм (для трубы 40x60 мм) или более 16 мм на 1000 мм (для трубы 20x20 мм), то необходимо выполнить её правку. Правку трубы прямоугольной формы выполняют на малоразмерной многороликовой правильной машине СКМЗ. Параметры правки: скорость правки – 0,25...0,5 м/с, момент правки – 600 кгс·м, входящий угол - 90°20'. Правка на

сортоправильной машине позволяет устранить общую волнистость проката и его местные деформации вдоль оси.

После правки прокат покрывают быстросохнущим грунтом.

2.3 Разметка и механическая резка заготовок

Разметку труб перед резкой осуществляют при помощи металлических рулеток со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линейек длиной 1000 мм, угольников. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм. При разметке заготовок необходимо учитывать припуск на рез.

Механическая резка проката выполняется на малоразмерной ленточнопильной машине LS-100, показанной на рисунке 9. Материал полотна – сталь 25Х6ВФ, передний угол зуба – 0°, разводка зубьев – стандартная, шаг зуба – постоянный 8 мм, скорость реза – 20 м/мин, натяжение полотна – 300 Н/мм.

2.4 Транспортировка заготовок

Транспортировка заготовок выполняется крюковым однобалочным краном грузоподъемностью 1 т. Скорость движения при транспортировке – 40 м/мин, скорость перемещения тали – 25 м/мин.

Транспортировка мостовым краном выполняется для перемещения заготовок на склад и со склада на места сборки-сварки.

2.5 Зачистка и сборка

Перед сборкой и прихваткой необходимо очистить от грунтовок область на расстоянии 20...15 мм от торца. Для этого применяется

пневматическая радиальная шлифовальная машина ИП-2015 и диск с проволочными щётками.

Сборку заготовок выполняем универсальном сборочном стенде, позволяющем осуществлять размещение и фиксирование заготовок. Сборочное приспособление должно обеспечивать задание геометрии и конструкции, жёсткость закрепления, плотность прижатия деталей друг к другу. Перемещение элементов конструкции не должно приводит к нарушению сборки. В процессе сборки величина зазора между деталями не должна превышать 1 мм.

2.6 Прихватка и сварка

Длина прихваток – 5...7 мм, при выполнении прихваток необходимо проводить их визуальный контроль на отсутствие трещин и прожогов.

В качестве источника питания применяется выпрямитель ВДУ-3020, представленный на рисунке 17а. В качестве механизма подачи проволоки – Форсаж-МПм, представленный на рисунке 17б.



Рисунок 17 – Применяемое сварочное оборудование: выпрямитель ВДУ-3020 (а) и механизм подачи Форсаж-МПм (а)



Рисунок 18 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Таблица 6 – Содержание химических элементов в металле шва при сварке проволокой Св-08ГС

| C, % | Mn, % | Si, % | P, % | S, % | Cr, % | Ni, % | Cu, % |
|-------|---------|----------|--------|--------|-------|-------|--------|
| <0,10 | 1,4-1,7 | 0,6-0,85 | <0,030 | <0,025 | 0,20 | 0,25 | <0,025 |

Таблица 7 – Механические свойства металла шва при сварке проволокой Св-08ГС

| Предел текучести σ_T , Н/мм ² | Предел прочности σ_B , Н/мм ² | Относительное удлинение δ , % | Ударная вязкость KCV | |
|--|--|---|----------------------|--------------------|
| | | | °С | Дж/см ² |
| 450 | 550 | 30 | -20 °С | 65 |

Таблица 8 – Параметры режима прихватки и механизированной сварки [12]

| Диаметр проволоки | Сварочный ток | Напряжение на дуге | Скорость подачи проволоки | Расход газа | Скорость сварки |
|-------------------|---------------|--------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| мм | А | В | м/ч | л/мин | м/ч |
| 1,6 | 240...260 | 30...32 | 230...240 | 12...14 | 40...45 |

В качестве сварочной проволоки используется проволока Св-08ГС диаметром 1,6 мм, представленная на рисунке 18а. В качестве защитного газа применяется углекислый газ, баллоны с которым, как на рисунке 18б, поставляются на сварочный участок.

2.7 Контроль качества

Сварные соединения подлежат проверке сразу после их выполнения. Приёмочный контроль проводят: визуально-измерительный (согласно РД 03-606-03).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне

шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы. Максимальное отклонение от плоскостности - 2 мм; максим. глубина подреза - 10% от толщины; максим. длина непровара - 10% от длины шва.

В процессе сварки проверяется:

- 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.

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется оборудование, представленное на рисунке 19: универсальный шаблон сварщика УШС-3; штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером; линейка металлическая Л-300 (300 мм); лупы просмотровые 4х и 7х; лупа просмотровая с подсветкой 3,5х; рулетка, инструкция РД 03-606-03; угольник металлический; наборы щупов и радиусных шаблонов; фонарик; маркер по металлу; футляр для хранения.



Рисунок 19 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля сварных швов

2.8 Повышение эффективности механизированной сварки проволокой сплошного сечения

В ходе многолетних исследований выявлено влияние параметров процесса сварки на тип переноса электродного металла согласно рисунка 20 [4], [6], [8], [13], [25], [27], [30]. В числе таких параметров следует выделить: полярность сварочного тока, форма его импульса, состав электродной проволоки и характер её подачи. Также на тип переноса металла оказывают влияние различные возмущения. Например, при импульсно-дуговой сварке из-за уменьшения напряжения сети возможен переход от мелкокапельного переноса без коротких замыканий к мелкокапельному переносу с короткими замыканиями. Также на характер переноса электродного металла может оказывать влияние загрязнение поверхности сварочной проволоки и магнитное дутьё.



Рисунок 20 – Схема основных параметров сварочного процесса, воздействующих на перенос металла электрода

Особенностями импульсной дуги являются [4], [6], [13], [25]:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;

- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;

- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;

- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

Горение дуги с импульсным управлением позволяет [29], [32], [33]:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавляющую способность дуги;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

На основании анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения можно заключить следующее. «Эффективное внедрение перспективных способов сварки плавящимся электродом с целенаправленными воздействиями на каплю электродного металла при ее переходе в сварочную ванну сдерживается высокой вероятностью возникновения характерных дефектов формирования сварных соединений из-за нестабильного переноса электродного металла и его повышенного разбрызгивания. Стабильный перенос обеспечивается при сварке с короткими замыканиями (КЗ) дугового промежутка. Однако допустимый диапазон параметров процесса сварки с КЗ очень узок. Для расширения диапазона параметров процесса сварки с КЗ и получения стабильного переноса электродного металла разрабатываются специальные источники питания, алгоритмы управления которыми обеспечивают образование капель электродного металла требуемых размеров и

гарантированное их перемещение в сварочную ванну согласно рисунка 21. Однако для создания таких источников отсутствуют научно обоснованные рекомендации по управлению каплепереносом электродного металла. В этой связи исследование особенностей каплепереноса при сварке с КЗ и создание необходимого сварочного оборудования являются актуальными задачами» [6].

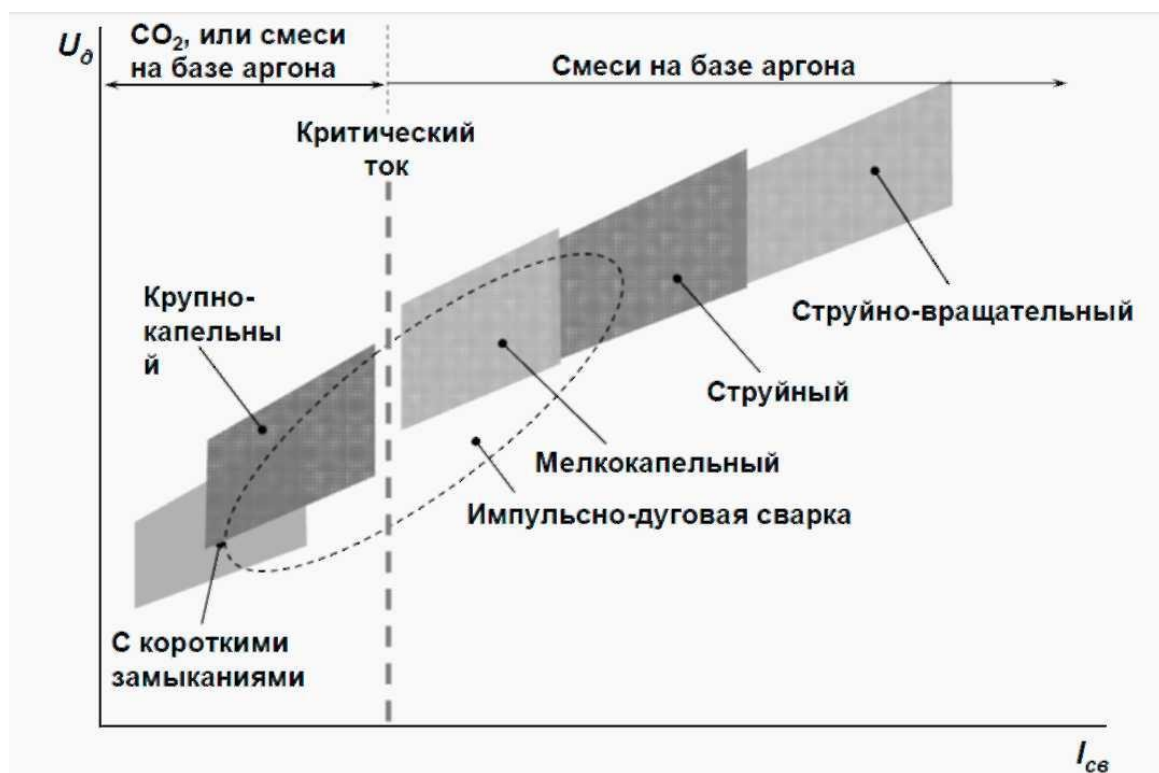
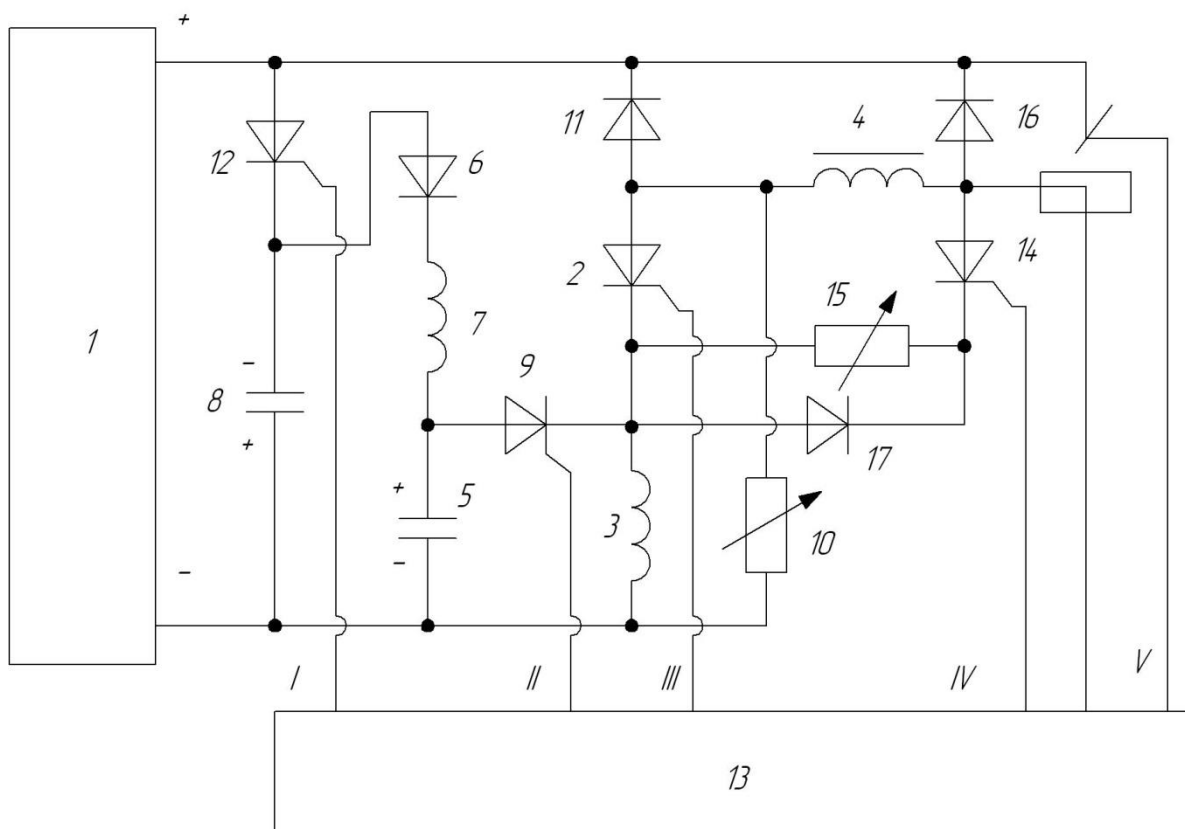


Рисунок 21 – Виды переноса электродного металла при сварке в защитных газах

Предлагаемое устройство для сварки с короткими замыканиями содержит согласно рисунка 22: «источник постоянного тока 1, силовой тиристор 2, коммутирующий 3 и сглаживающий 4 дроссели, включенные последовательно в сварочную цепь, коммутирующий конденсатор 5, который через первый блокирующий диод 6 и зарядный дроссель 7 подключен параллельно фильтрующему конденсатору 8, а через вспомогательный тиристор 9 параллельно коммутирующему дросселю 3, первый секционированный резистор 10, подключенный параллельно последовательно соединенным силовому тиристор 2 и коммутирующему дросселю 3, первый шунтирующий диод 11 и импульсный фильтр, образованный после-

довательно соединенными дополнительным тиристором 12 и фильтрующим конденсатором 8, схему управления 13, последовательно соединенные тиристор 14 и второй секционированный резистор 15, которые через сглаживающий дроссель 4 подключены параллельно силовому тиристор 2, второй блокирующий диод 16, анод которого соединен с анодом тиристора 14, а катод с плюсом источника постоянного тока 1, и второй шунтирующий диод 17, подключенный параллельно второму секционированному резистору 15 в обратном направлении протекания тока короткого замыкания» [1].

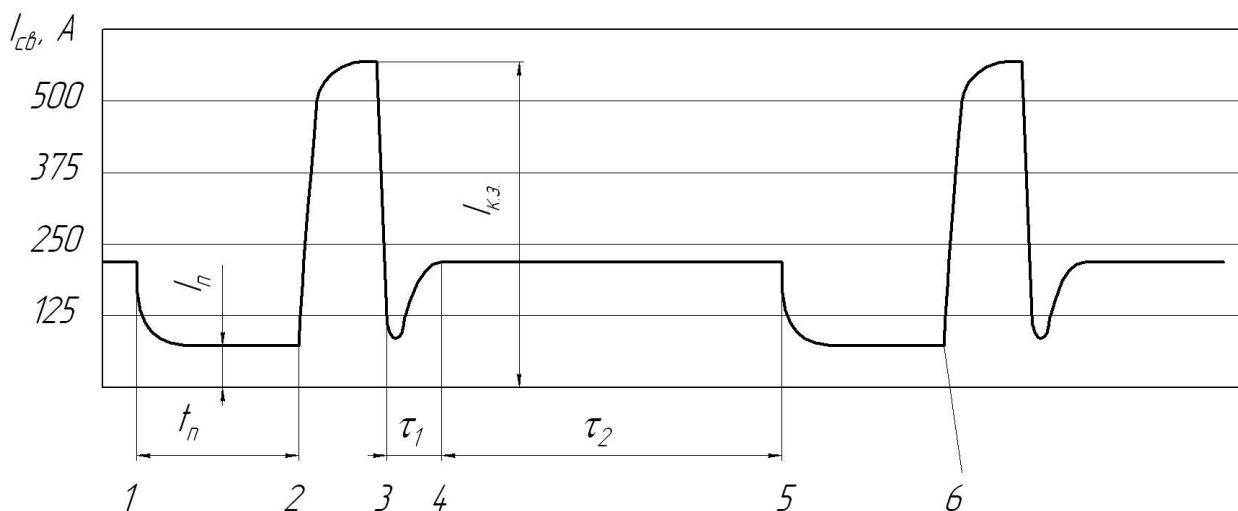


1 - источник постоянного тока, 2 - силовой тиристор, 3 – коммутирующий дроссель, 4 - сглаживающий дроссель, 5 - коммутирующий конденсатор, 6 - блокирующий диод, 7 - зарядный дроссель, 8 - фильтрующий конденсатор, 9 - вспомогательный тиристор, 10 - секционированный резистор, 11 - шунтирующий диод, 12 - дополнительный тиристор, 13 - схема управления, 14 - тиристор, 15 - второй секционированный резистор, 16 - блокирующий диод, 17 - второй шунтирующий диод

Рисунок 22 – Схема устройства формирования импульсов сварки

Диаграмма тока при импульсном управлении сваркой показана на рисунке 23. На интервале времени 1-2 происходит протекание тока паузы

(капля принимает соосное электроду положение). На интервале времени 2-3 – короткое замыкание (увеличение тока). На интервале времени 3-4 – утонение и разрыв перемычки. На интервале времени 4-5 – стабильное горение дуги (рост новой капли). На интервале времени 5-6 – протекание тока паузы (капля принимает соосное электроду положение).



τ_1 - длительность паузы в протекании сварочного тока к моменту разрыва перемычки;
 τ_2 - длительность дозирования энергии плавления электрода; $t_{п}$ - длительность паузы перед коротким замыканием; $I_{св}$ - ток сварки; $I_{п}$ - ток паузы; $I_{кз}$ - ток короткого замыкания

Рисунок 23 – Диаграмма тока по предлагаемому способу

Сокращение длительности короткого замыкания позволяет при незначительном напряжении холостого хода увеличить подачу электродной проволоки до 400 м/ч. Среднее значение сварочного тока возрастает при этом до 200...220 А, что приводит к увеличению производительности процесса сварки на 25...30 % при высокой стабильности процесса.

Выводы по второму разделу

При выполнении базовой технологии сборки и сварки ограждения применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Анализ базовой технологии позволил выявить её недостатки.

Для устранения недостатков базовой технологии должно был обоснован выбор способа сварки. При анализе возможных способов сварки были рассмотрены преимущества и недостатки ручной дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения и механизированной сварки порошковой самозащитной проволокой. Принято решение при составлении проектной технологии сварки использовать механизированную сварку в защитных газах.

При анализе способов повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах было предложено импульсное управление сварочной дугой.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [1]. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

Приведены описания операций технологического процесса сборки и сварки конструкции, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал. Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении ограждений автомобильных дорог. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций согласно таблицы 9: очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка, зачистка и сборка, прихватка и сварка, контроль качества.

Для выполнения первой операции применяются: мобильный пескоструйный аппарат 1028N, абразив SA-3, воздух сжатый.

Для выполнения второй операции применяются: многороликовая правильная машина СКМЗ, линейка металлическая, маркер по металлу, капроновая струна, рулетка.

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

| Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ | Должность работника, который выполняет технологическую операцию | Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции | Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции |
|--|---|--|---|
| 1) очистка поверхности проката | Слесарь-сборщик | Мобильный пескоструйный аппарат 1028N | 1) Абразив SA-3 2) Воздух сжатый 3) Рукавицы |
| 2) правка проката | Слесарь-сборщик | 1) Многороликовая правильная машина СКМЗ 2) Линейка металлическая | 1) Маркер по металлу 2) Капроновая струна |
| 3) разметка и механическая резка | Слесарь-сборщик, электросварщик | 1) Малоразмерная ленточнопильная машина LS-100 2) Рулетка металлическая 5 м 3) Угольник 4) Чертилка | 1) Маркер по металлу 2) Рукавицы |
| 4) Зачистка и сборка | Слесарь-сборщик | 1) Машинка радиальная шлифовальная ИП-2015 2) Сборочное приспособление 3) Струбцины | Диск с проволочной щёткой; |
| 5) Прихватка и сварка | Электросварщик | 1) Сборочное приспособление 2) Струбцины 3) Сварочный выпрямитель ВД-3002 4) Полуавтомат Форсаж-МПм | 1) Проволока Св-08ГС 2) Абразивный круг 3) Углекислый газ |
| 6) контроль качества | Дефектоскопист | 1) набор визуально-измерительного контроля; | - |

Для выполнения третьей операции применяются: малоразмерная ленточнопильная машина LS-100, рулетка металлическая 5 м, угольник, чертилка.

Для выполнения четвертой операции применяются: машинка радиальная шлифовальная ИП-2015, диск с проволочной щёткой, сборочное приспособление, струбцины.

Для выполнения пятой операции применяются: сборочное приспособление, струбцины, сварочный выпрямитель ВД-3002, полуавтомат Форсаж-МПм, углекислый газ, сварочная проволока Св-08ГС.

Для выполнения шестой операции применяются: универсальный шаблон сварщика УШС-3, карманная лупа ЛАП-4.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса согласно таблицы 10.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

| Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ | Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала | Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1) очистка поверхности проката | <ul style="list-style-type: none">- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; | Мобильный пескоструйный аппарат 1028N |

Продолжение таблицы 10

| 1 | 2 | 3 |
|----------------------------------|--|--|
| 2) правка проката | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Многороликовая правильная машина СКМЗ |
| 3) разметка и механическая резка | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | <ul style="list-style-type: none"> - Малоразмерная ленточнопильная машина LS-100 - линейка металлическая - угольник - заготовки |
| 4) Зачистка и сборка | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | <ul style="list-style-type: none"> - Машинка радиальная шлифовальная ИП-2015 - Сборочное приспособление - Струбцины |
| 5) прихватка и сварка | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение | <ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия |
| б) контроль качества | <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; | - набор визуально-измерительного контроля |

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 11 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

| Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала | Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня | Средства индивидуальной защиты |
|--|--|-----------------------------------|
| 1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; | 1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности | Спецодежда. |
| 2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; | 1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек | Спецодежда |
| 3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; | 1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне | Средства защиты дыхательных путей |
| 4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | 1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи | Спецодежда |
| 5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | 1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса | Спецодежда |
| 6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации | 1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону | Спецодежда. |

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, представленных в таблице 12, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения согласно таблицы 13.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 12 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| Наименование участка | Наименование оборудования | Классификация по виду горящего вещества | Наименование основных опасных факторов пожара | Наименование вторичных опасных факторов пожара |
|--|--|--|--|---|
| Участок, на котором осуществляется сборка и сварка | Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная | пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) | Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него. | Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения. |

Таблица 13 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблицы 14.

Таблица 14 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование участка | Перечень мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|--|---|---|
| Участок для сборки и сварки (механизированная и автоматическая сварка) | Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами. | На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр. |

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблицы 15 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблицы 16.

Таблица 15 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

| Анализируемый технологический процесс | Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса | Факторы, негативно влияющие на атмосферу | Факторы, негативно влияющие на гидросферу | Факторы, негативно влияющие на литосферу |
|--|--|--|--|---|
| Сборка и сварка (механизованная и автоматическая сварка) | Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции | Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы | Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения. | Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный. |

Таблица 16 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

| Наименование технического объекта | Сварка |
|---|---|
| Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду. | Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов |
| Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду. | Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение. |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости. |

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки емкости цистерны с применением механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки ограждения автомобильных дорог. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе. Для повышения эффективности механизированной сварки предложено применять импульсное управление горением дуги.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: очистка поверхности проката, правка проката разметка и механическая резка, зачистка и сборка, прихватка и сварка, контроль качества.

При выполнении базовой технологии сварки применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Для выполнения прихваток и сварных швов в проектной технологии предложено ручную дуговую сварку заменить на механизированную сварку в среде защитного газа.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблицы 17.

Таблица 17 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

| Экономический показатель | Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя | Единица измерения экономического показателя | Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям | |
|---|---|---|--|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала | P_p | - | V | V |
| Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала | $Cч$ | Р/час | 150 | 150 |
| Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы: - доплат к основной заработной плате - отчислений на дополнительную заработную плату - отчислений на социальные нужды - выполнения нормы | $K_{доп}$ | % | 12 | 12 |
| | $K_{д}$ | - | 1,88 | 1,88 |
| | $K_{сн}$ | % | 34 | 34 |
| | $K_{вн}$ | - | 1,1 | 1,1 |
| Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса | $Цоб$ | Руб. | 150 тыс. | 500 тыс. |
| Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса | $M_{уст}$ | кВт | 25 | 40 |
| Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : - норма амортизации оборудования - коэффициент транспортно-заготовительных расходов - коэффициент затрат на монтаж и демонтаж - стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций | $На$ | % | 21,5 | 21,5 |
| | $K_{т-з}$ | % | 5 | 5 |
| | $K_{мон}$ $K_{дем}$ | % | 3 | 5 |
| | $Цэ-э$ | Р/ кВт | 3,02 | 3,02 |

Продолжение таблицы 17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-------------------|----------------------|-------|-------|
| - коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций | КПД | - | 0,7 | 0,85 |
| Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса | S | m^2 | 100 | 100 |
| Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади: | | | | |
| - стоимость эксплуатации площадей | $C_{\text{эксп}}$ | $(P/m^2)/\text{год}$ | 2000 | 2000 |
| - цена производственных площадей | $C_{\text{пл}}$ | P/m^2 | 30000 | 30000 |
| - норма амортизации производственных площадей | $Ha_{\text{пл}}$ | % | 5 | 5 |
| - коэффициента дополнительной производственной площади | $K_{\text{пл}}$ | - | 3 | 3 |
| Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости: | | | | |
| - коэффициент цеховых расходов | $K_{\text{цех}}$ | - | 1,5 | 1,5 |
| - коэффициент заводских расходов | $K_{\text{зав}}$ | - | 1,15 | 1,15 |
| - коэффициента эффективности капитальных вложений | $E_{\text{н}}$ | - | 0,33 | 0,33 |

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблицы 17: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{\text{шт.баз}} = 4,6 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 8 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,3 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 4 \text{ ч.}$$

Годовая программа Π_{Γ} выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ и согласно (3) штучного времени $t_{\text{шт}}$:

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

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ секций за год;}$$

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/4 = 512 \text{ секций за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 150$ секций в год.

При этом необходимое количество $n_{\text{расч}}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{\text{вн}}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{\text{вн}} = 1,03$):

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

Требуемое количество оборудования $n_{\text{расч}}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{8 \cdot 150}{2054 \cdot 1,03} = 0,57, \quad n_{\text{расч.пр}} = \frac{4 \cdot 150}{2054 \cdot 1,03} = 0,28.$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице

оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,57/1 = 0,57,$$

$$K_{3п} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{баз.} = 344 \text{ руб.},$$

$$M_{проектн.} = 114 + 270 = 384 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{осн}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента K_d доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 4 \cdot 150 \cdot 1,88 = 1128 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2256 \cdot 12 / 100 = 271 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 1128 \cdot 12 / 100 = 135 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 1128 + 135 = 1263 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс,проектн.}} = 1263 \cdot 34 / 100 = 429 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 150000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 2054 / 100 = 126 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 4 / 2054 / 100 = 209 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{Э-Э}}}{\text{КПД}}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{эз баз}} = 8 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 914 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эз пр}} = 4 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 602 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{об\text{баз.}} = 126 + 914 = 1040 \text{ руб.},$$

$$Z_{об\text{проектн.}} = 209 + 606 = 815 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 344 + 2527 + 859 + 1040 = 4770 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 384 + 1263 + 429 + 815 = 2891 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}}. \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 4770 + 1,5 \cdot 2256 = 4770 + 3384 = 8154 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 2891 + 1,5 \cdot 1128 = 2891 + 1692 = 4583 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 8154 + 1,15 \cdot 2256 = 8154 + 2594 = 10748 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 4583 + 1,15 \cdot 1128 = 4583 + 1294 = 5877 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 18.

Таблица 18 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

| Наименование экономического показателя | Условное обозначение | Калькуляция, руб. | |
|--|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| | | Базовый вариант технологии | Проектный вариант технологии |
| 1. Затраты на материалы | <i>М</i> | 344 | 384 |
| 2. Фонд заработной платы | <i>ФЗП</i> | 2527 | 1263 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | <i>ОСН</i> | 859 | 429 |
| 4. Затраты на оборудование | <i>Зоб</i> | 1040 | 815 |
| 5. Технологическая себестоимость | <i>Стех</i> | 4770 | 2891 |
| 6. Цеховые расходы | <i>Рцех</i> | 3384 | 1692 |
| 7. Цеховая себестоимость | <i>Сцех</i> | 8154 | 4583 |
| 8. Заводские расходы | <i>Рзав</i> | 2594 | 1294 |
| 9. Заводская себестоимость | <i>Сзав</i> | 10748 | 5877 |

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $Ц_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $Ц_{об.б.}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв.}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$Ц_{об.б.} = Ц_{перв.} - (Ц_{перв.} \cdot T_{сл} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{об.баз.} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500 \text{ руб.},$$

$$K_{обшц.баз.} = 1 \cdot 85500 \cdot 0,57 = 48735 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{обш. пр.}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{об. пр.}$, вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих вложений $K_{соп.}$:

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

Капитальные вложения $K_{об. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{об. пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

$$K_{об. пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп}. \quad (20)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{об. пр.} = 500000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 147000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{соп.}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{дем}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{монт}$ проектного оборудования:

$$K_{соп.} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (23)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 500000 \cdot 0,05 = 25000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 7500 + 25000 = 32500 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 147000 + 32500 = 179500 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ.пр.}}$ и $K_{\text{общ.б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 179500 - 48735 = 130765 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\text{г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 48735/150 = 325 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 179500/150 = 1197 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{8 - 4}{8} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{ТЕХ}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХБ} - C_{ТЕХПР}}{C_{ТЕХБ}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{4770 - 2891}{4770} \cdot 100\% = 40\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $Pr_{ож}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$Pr_{ож.} = \Delta_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_{Г} . \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\Delta_{у.г.} = (10748 - 5877) \cdot 150 = 730650 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{у.г.}} . \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{ок} = \frac{130765}{730650} = 0,2$$

Годовой экономический эффект $\Delta_{г.}$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\Delta_{г.} = \Delta_{у.г.} - E_{н.} \cdot K_{доп} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\Delta_{г.} = 730650 - 0,33 \cdot 130765 = 687498 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии сборки и сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки; повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения с импульсным горением сварочной дуги. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 40 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 385 тыс. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 688 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении ограждений автодорог.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ; работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки; повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки. Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [1]. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 388 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1310140 СССР, МКИ В23К9/09. Способ дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его осуществления / Заруба И. И., Сараев Ю. Н. Князьков А. Ф., Тимошенко А. К. – № 4017219/31-27, заяв. 16.12.85; опубл. 15.05.87, Бюл. № 18. 5 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М : Машиностроение. 1986. 172 с.
4. Воропай Н. М. Параметры режимов и технологические возможности дуговой сварки с импульсной подачей электродной и присадочной проволоки // Автоматическая сварка. 1996, № 10. С. 3–9.
5. Дятлова, В. Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. М. : Машиностроение, 1964. 351 с.
6. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48-52.
7. Козловский С. Н. Введение в сварочные технологии : учебное пособие. Санкт-Петербург : Лань, 2011. 416 с.
8. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
9. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO₂ в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга. Томский политехнический университет. 2003.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
12. Кусков Ю. В., Полищук Г. Н. Эволюция производства сварочных материалов и перспективы нового тысячелетия // II Международная конференция по сварочным материалам стран СНГ: Сб. докл. Орел, 2001. С 97–98.
13. Лебедев В. А. Тенденции развития механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла (Обзор) // Автоматическая сварка. 2010. № 10. С. 45–53.
14. Левадный И. С., Бурлака А. П. Сварочные работы. Минск. : Выш. Шк., 2004. 312 с.
15. Лупачев В. Г. Ручная дуговая сварка : учебное пособие. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. 416 с.
16. Мойсов Л. П. Порошковая проволока – сварочный материал XXI века. // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2002. № 9. С. 7-10.
17. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие / С. М. Белинский, А. Ф. Гарбуль, В. Г. Гусаковский [и др.]; под ред. В. В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
18. Поволоцкий Д. Я. Основы технологии производства стали. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. 189 с.
19. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
20. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.

21. Радченко И. Ю. Влияние модифицирующих добавок на структуру стали Ст3 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. 2012. № 39. С. 67–70.
22. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
23. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. – 462 с.
24. Ценев Н. К., Шаммазов А. М. Влияние внутренних границ раздела на развитие процессов разрушения в низкоуглеродистых сталях // ДАН. 1998. № 6. С. 762–764.
25. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.
26. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.
27. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.
28. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.
29. Dorling, D. Applying pulsed GMA welding to pipeline construction // Welding Journal 1992. № 10. P. 39–44.
30. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.
31. Shammazov A. M., Tsenev N. K., Suhanov V. D., Selskii B. E. The structure of grain Boundaries and the processes of failure in the ferrite-pearlitic steels // Intergranular and Interphase Boundaries in Materials / Ed. By P. Lejcek, V. Paidar. Trans Tech Publications, 1998. P. 665–668.

32. Wang F., Hou W. K., Hu S. J. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // J. Phys. D: Applied Physics. 2003. vol. 36. P. 1–19.

33. Yamamoto H., Okazaki K., Harata S. The effect of short circuiting current control on the spatter generation in CO₂ arc welding. // Intern. Inst. of Welding; Doc. 212-649–86. 1986. P. 1–17.