

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(кафедра)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология и оборудование для изготовления секторов отводов

Студент(ка)	К.А. Устимчев	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	А.И. Смирнова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	И.В. Краснопевцева	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	И.В. Резникова	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой СОМДиРП,
д.т.н, профессор

(личная подпись)

В.В. Ельцов

« _____ » _____ 20 ____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Устимчев Кирилл Александрович

1. Тема Технология и оборудование для изготовления секторов отводов
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
«23»_06_2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе научные статьи,
патенты, материалы дипломов, ранее выполненных по схожей тематике на
кафедре «СОМДиРП» ТГУ
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих
разработке вопросов, разделов)
 1. Введение (обоснование актуальности и своевременности работы).
 - Формулировка цели проекта.
 2. Состояние вопроса.
 - 2.1. Описание изделия и условия его эксплуатации.
 - 2.2. Анализ свойств материала конструкции (хим. состав, мех. свойства,
возможные сложности при сварке).
 - 2.3. Описание базового технологического процесса сборки и сварки секторов
отводов.
 - 2.4. Критический анализ базового варианта.
 - 2.5. Формулировка задач проекта.
 3. Анализ и выбор способов сварки.
 4. Разработка технологического процесса сборки и сварки секторов отводов
(проектный вариант).
 5. Безопасность и экологичность проекта.
 6. Экономическая часть.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
 1. Общий чертеж изделия – 1 лист.

2. Технологический процесс сборки-сварки секторов отводов – 1-2 листа.
3. Анализ способов сварки – 1 лист.
4. Оборудовани для сварки секторов отводов – 1 лист.
5. Экономический лист – 1 лист.
6. Консультанты по разделам
Безопасность и экологичность
Резникова И.В.
Экономическая часть
Краснопевцева И.В.
Нормоконтроль
Виткалов В.Г.
7. Дата выдачи задания «_____» _____ 20____ г.
Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

(подпись)

(подпись)

А.И. Смирнова

(И.О. Фамилия)

К.А. Устимчев

(И.О. Фамилия)

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Устимчева Кирилла Александровича

по теме Технология и оборудование для изготовления секторов отводов

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Введение	01.03.16-04.03.16			
2. Состояние вопроса 2.1. Описание изделия и условия его эксплуатации 2.2. Анализ свойств материала конструкции	01.03.16-13.03.16			
3. Описание базового технологического процесса сборки и сварки (базовый вариант)	01.03.16-13.03.16			
4. Критический анализ базового варианта	01.03.16-13.03.16			
5. Формулировка задач проекта	01.03.16-13.03.16			
6. Анализ и	30.05.16-			

выбор способов сварки	12.06.16			
7. Описание базового технологического процесса сборки и сварки (проектный вариант)	30.05.16-12.06.16			
8. Безопасность и экологичность проекта	30.05.16-12.06.16			
9. Экономическая расчеты	30.05.16-12.06.16			

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

_____	_____
(подпись)	А.И. Смирнова (И.О. Фамилия)
_____	_____
(подпись)	К.А. Устимчев (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является увеличение производительности и уменьшение трудоемкости сварки при изготовлении отводов.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ способов сварки для изготовления секторов отводов;
2. Выбрать оборудование для сборки и сварки отводов;
3. Усовершенствовать базовую технологию за счет технологических и конструкционных решений, позволяющих снизить трудоемкость и повысить производительность технологического процесса изготовления отводов.

Следуя этим задачам, для изготовления секторов отводов был выбран способ автоматической сварки под слоем флюса взамен базового способа ручной дуговой сварки, а так же выбрано высокопроизводительное оборудование. Данные технологические операции позволили разработать технологический процесс, который показал снижение трудоемкости на 72,44% и повышение производительности на 262,8%, снизив при этом себестоимость техпроцесса на 37,9%.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	9
1.2 Анализ свойств материала конструкции	11
2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ (БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ)	13
3. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАЗОВОГО ВАРИАНТА	16
4. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧ	17
5. АНАЛИЗ И ВЫБОР СПОСОБОВ СВАРКИ	18
5.1 Ручная дуговая сварка покрытым электродом	22
5.2 Автоматическая дуговая сварка под флюсом	26
5.3 Дуговая сварка в среде защитных газов	28
5.4 Сварка в инертных газах	29
5.5 Дуговая сварка самозащитной проволокой	32
6. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ	33
7. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ (ПРОЕКТНЫЙ ВАРИАНТ)	42
8. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ	48
9. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	78

ВВЕДЕНИЕ

Работоспособность трубопроводных систем всегда зависит от качества каждого элемента в их составе. Одним из основных элементов таких магистралей являются секторные отводы: каждая магистраль рано или поздно сталкивается с определенными препятствиями на маршруте прокладки, поэтому состоит из изгибов.

Отводы предназначены для изменения направления потока транспортируемого продукта. По конструкции и способу изготовления отводы могут быть бесшовные крутоизогнутые или гнутые, штампосварные и сварные (секционные).

Отводы сварные производятся на различных механосборочных предприятиях как в России, так и за рубежом. Требования к их изготовлению предъявляются достаточно высокие. Так для производства отводов на российских предприятиях требуется выполнять работы по соответствующим отраслевым ГОСТам, техническим условиям или отраслевым стандартам. Сваривают отводы обычно ручной дуговой сваркой и механизированной сваркой в защитных газах. Производительность таких способов сварки невысокая, а трудоемкость наоборот достаточно высокая.

Поэтому целью бакалаврской работы является увеличение производительности и уменьшение трудоемкости сварки при изготовлении отводов.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Отводы широко применяют в различных областях хозяйственной деятельности человека: нефтяные и газовые магистрали; сети теплоснабжения и водоснабжения; металлургия, машиностроение; другие сферы производства, где использование данного отвода предписано ГОСТ. Привычной средой для них служат не только жидкие среды, но и газообразные. Причём секторные сварные отводы способны выдержать не только различные температурные режимы, но и большие перепады давления в системе, и агрессивные среды.

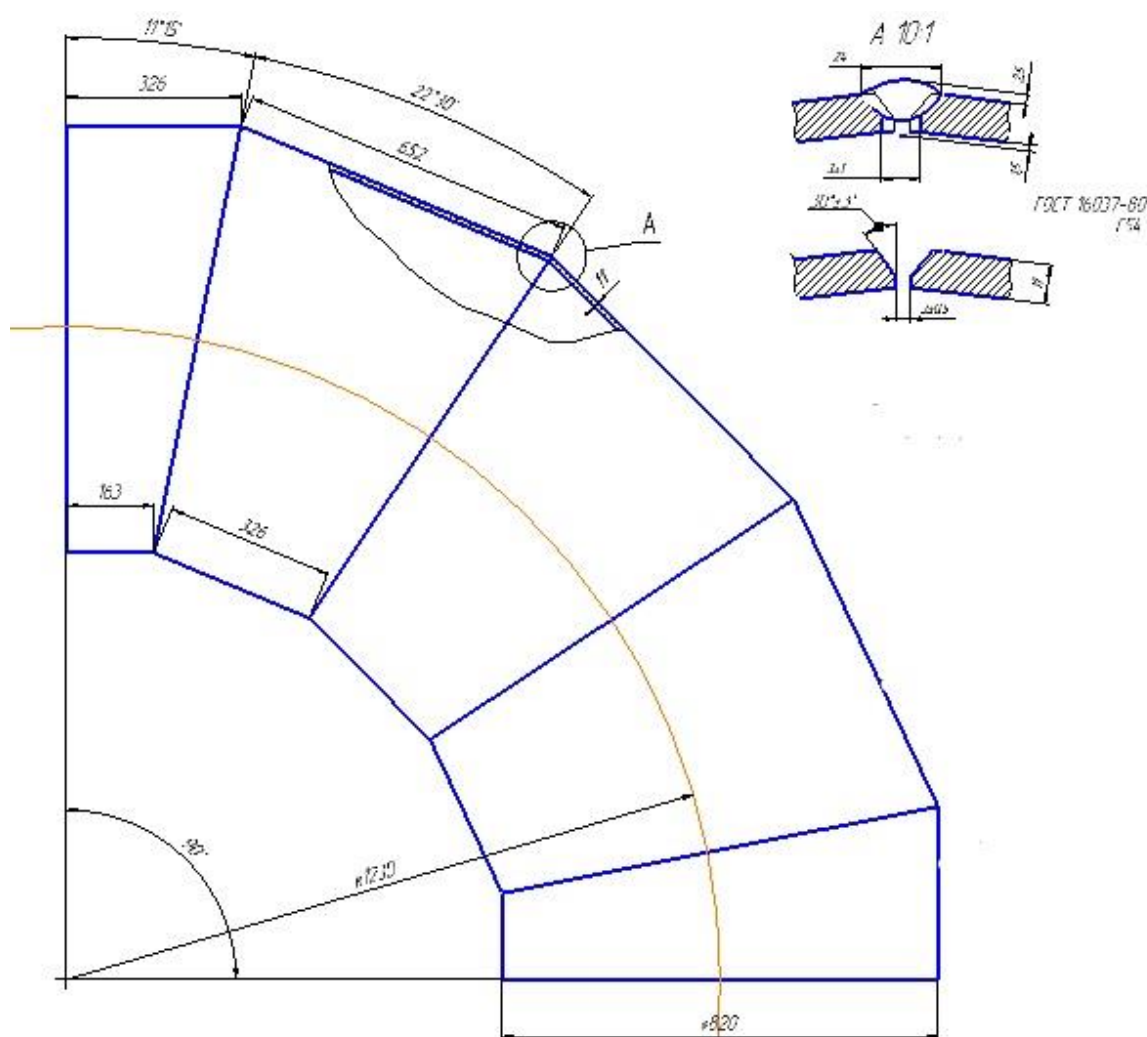


Рисунок 1.1 — Эскиз отвода

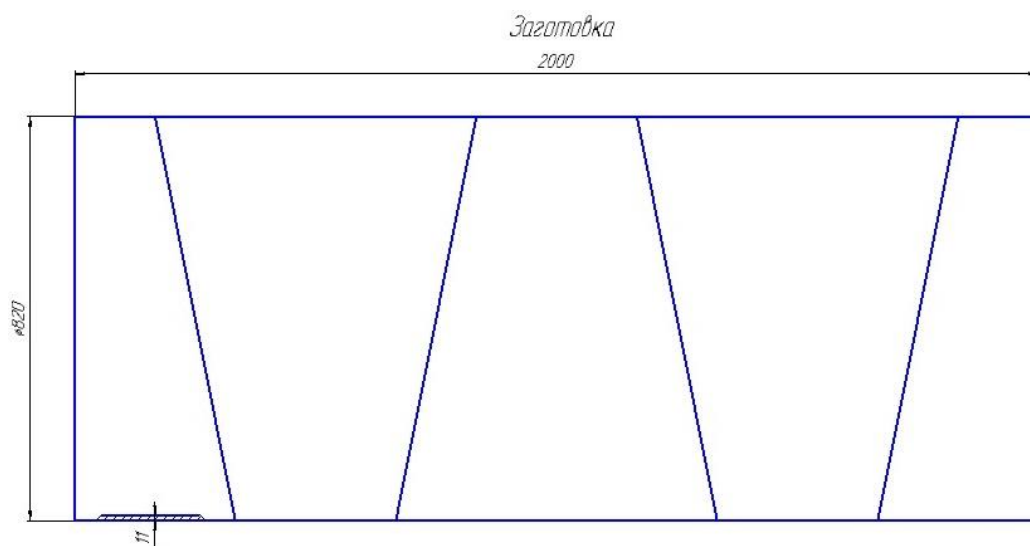


Рисунок 1.2 — Эскиз заготовки из обечайки

Отвод сварной секторный, угол 90°C (рис.1.1) с наружным диаметром 820 мм, толщина стенки 11 мм из стали 09Г2С, рабочее давление $P=2,5$ МПа, температура t от -30°C до $+350^\circ\text{C}$, масса $m=438,8\text{кг}$ [6].

Отвод состоит из звеньев и стаканов. Крайние части (сектора) отвода называют концевыми, а внутренние — промежуточными. Концевой сектор в стандартном отводе представляет собой по форме половину промежуточного. Большая наружная грань сектора называется затылком, меньшая внутренняя грань — шейкой. Основные размеры конструкции отвода: наружный диаметр, радиус кривизны, число секторов и угол отвода[6].

1.2 Анализ свойств материала конструкции

Сталь является лучшим материалом, максимально подходящим для использования практически во всех отраслях промышленности и социального сектора. Благодаря свойствам стали и специальным покрытиям, которые можно нанести как на наружную поверхность, так и на внутреннюю, по трубам и отводам секторным сварным можно перекачивать фактически любую рабочую среду начиная от воды и заканчивая паром. Самыми распространенными марками стали при изготовлении отводов секторных сварных является сталь

17Г1С, ст.20 и 09Г2С. Выбранная сталь – 09Г2С, т.к. она идеально подходит для монтажа трубопроводов различного назначения[9].

Сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, не склонна к тепловой хрупкости и не разупрочняется в результате длительного старения[9].

Химический состав и механические свойства стали 09Г2С ГОСТ 19281 приведены в табл. 1.1 и в табл. 1.2.

Таблица 1.1 — Химический состав стали 09Г2С ГОСТ 19281, %[9]

Сталь	C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	S	P
09Г2С	Не более 0,12	0,5–0,8	1,3–1,7	Не более 0,3			Не более 0,4	Не более 0,35

Таблица 1.2 — Механические свойства стали 09Г2С ГОСТ 19281[9]

Сталь	Толщина проката, мм	σ_b	σ_T	δ_5	α_n , Дж/см ² , при температуре	
		МПа		%	-40 °C	-70 °C
		Не менее				
09Г2С	10-60	460	290	21	35	30
	61-160	440	270			

Обозначения:

σ_b - Предел кратковременной прочности;

σ_T - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации);

δ_5 - Относительное удлинение при разрыве;

α_n - Ударная вязкость.

Таблица 1.3 — Технологические свойства материала 09Г2С[9]

Свариваемость:	без ограничений
----------------	-----------------

- сварка производится без подогрева и без последующей термообработки

Сталь 09Г2С применяется для изготовления различных деталей и элементов сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до +425 °С; для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре от -70 до +450 °С; для ответственных листовых сварных конструкций в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении; для изготовления деталей трубопроводной арматуры после закалки и отпуска[9].

2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ (БАЗОВЫЙ ВАРИАНТ)

До начала монтажных работ организация должна иметь сопроводительную документацию (паспорт, сертификат и другие документы) предприятий – поставщиков на трубы, детали, арматуру и другие изделия и материалы, подтверждающую их качество и соответствие техническим условиям на изготовление.

При отсутствии данных документов они могут быть заменены соответствующими им по содержанию документами, подписанными ответственными представителями заказчика.

По сопроводительной документации должно быть проверено соответствие марок, размеров и других характеристик изделий и материалов[8].

При приемке труб визуальным осмотром и замером должны проверяться: наличие маркировки и клейм ОТК завода-поставщика; размеры наружного диаметра, толщина стенки и овальности на присоединительных концах в перпендикулярных плоскостях; качество наружной и внутренней поверхности (поверхность не должна иметь плен, закатов, трещин, рванин, а также глубоких вмятин, рисок и других дефектов, выводящих толщину стенки за пределы минусовых отклонений); соответствие указанным в проекте маркам материалов, механическим свойствам, химическому составу, технологическим испытаниям и термообработки[8].

Разметка трубы. Разметку производят, используя картонные шаблоны. Место разметки окрашивается смесью меловой краски с жидким стеклом, затем на окрашенной поверхности чертилкой наносят риски и начерчивают их для получения разметочных линий.

Резка. Резка обечайки на сектора производится вручную резакон Ракета II, используя кислород и пропан.

Сборка и прихватка. Сборку отвода осуществляют с помощью временных приварных технологических креплений. Прихватку производят ручной дуговой сваркой.

Сварка. Сваривают отвод ручной дуговой сваркой с использованием источника питания ВДУ-306, реостата балластного РБ-302 УЗ, сварочными электродами УОНИ-13/55.

Контроль. В процессе сварки осуществляют предварительный контроль, пооперационный контроль и контроль качества готовых сварных соединений.

Предварительный контроль, включает в себя проверку: квалификации сварщиков, дефектоскопистов (операторов ультразвукового контроля и тд.); состояния сборочно-сварочных приспособлений, сварочного оборудования и аппаратуры для контроля качества сварных соединений; качество основных и сварочных материалов, а также материалов для дефектоскопов; состояния средств измерения[10].

При пооперационном контроле необходимо проверять качество подготовки кромок, сборки под сварку, соблюдения технологии сварки (соответствие сварочных материалов стандартам, техническим условиям, режимы сварки, порядок наложения швов, качество послойной зачистки швов)[10].

Контроль качества готовых сварных соединений производят следующими методами: внешним осмотром и измерением по РД 03-603-03; ультразвуковым – по ГОСТ 14782-86* и ОСТ 36-75-83.

Внешним осмотром выявляют наружные дефекты. Осмотр производят невооруженным глазом или при помощи лупы с десятикратным увеличением. Внешним осмотром проверяют все сварные швы независимо от использования в дальнейшем других методов контроля. При помощи шаблонов и измерительных инструментов производят измерения параметров конструктивных элементов подготовленных кромок свариваемых деталей и швов сварных соединений[10].

Ультразвуковой контроль предназначен для выявления в сварных швах и околошовной зоне трещин, непроваров, несплавлений, пор, шлаковых включений и других дефектов без расшифровки их характера, но с указанием координат, условных размеров и числа обнаруженных дефектов[10].

.

3. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАЗОВОГО ВАРИАНТА

Критический анализ базового варианта технологического процесса представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1 — Критический анализ базового варианта технологического процесса

Технологическая операция	Недостатки	Меры по устранению недостатков
Сварка	Для сварки отводов используют РДС.	Заменить ручную дуговую сварку на автоматическую под слоем флюса.
	Сварка отвода производится без использования специализированного оборудования	Внедрить специализированное оборудование для сборки и сварки отводов

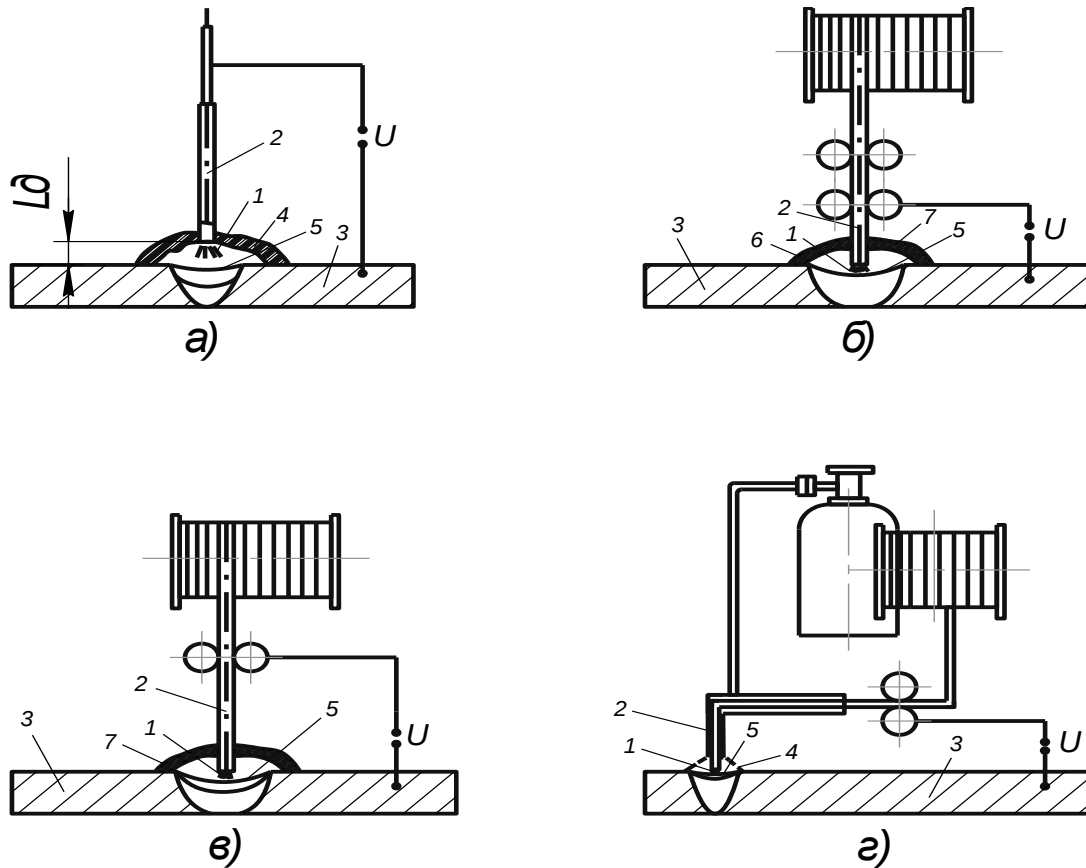
4. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧ

Задачи:

1. Провести анализ способов сварки секторов отводов.
2. Выбрать оборудование для сборки и сварки отводов.
3. Усовершенствовать базовую технологию за счет технологических и конструкционных решений, позволяющих снизить трудоемкость и повысить производительность технологического процесса изготовления отводов.

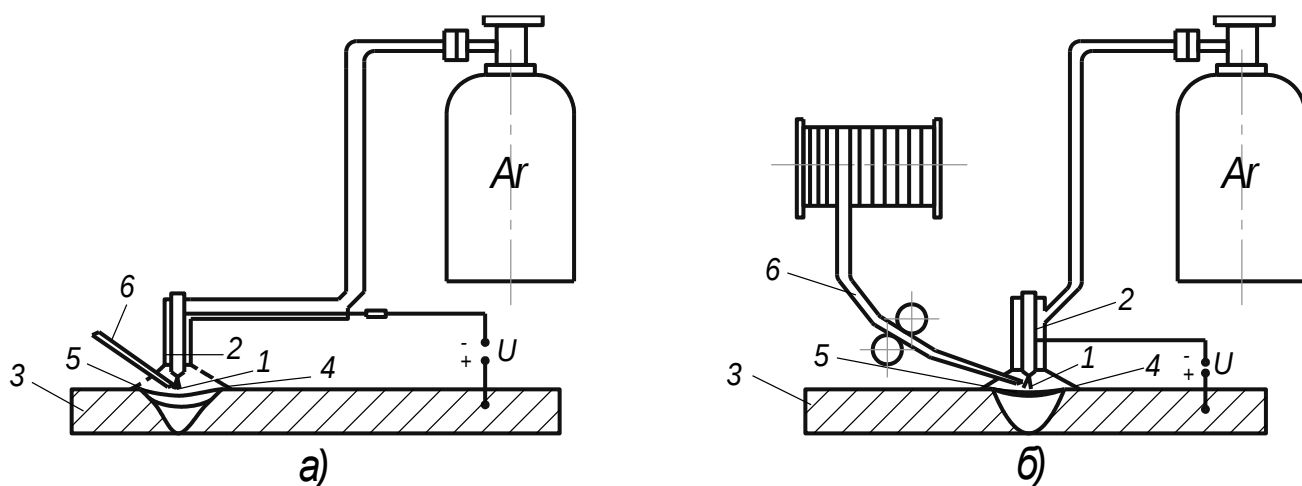
5. АНАЛИЗ И ВЫБОР СПОСОБОВ СВАРКИ

При изготовлении и монтаже сварных стальных конструкций применяются различные способы дуговой сварки (рис.5.1 и 5.2, табл.5.1).



а – ручная покрытым штучным электродом; б – автоматическая (и механизированная) под флюсом; в – механизированная порошковой проволокой; г – механизированная в защитных газах плавящимся электродом; 1 – электрическая дуга; 2 – плавящийся электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газообразная среда; 5 – жидкий металл шва; 6 – расплавленный флюс; 7 – газослаковая защита[1].

Рисунок 5.1 — Способы дуговой сварки



а – ручная в среде аргона (гелия или их смесей); б – автоматическая в среде аргона; 1 - электрическая дуга; 2 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 3 – свариваемая деталь; 4 – газовая защита; 5 – жидкий металл шва; 6 – присадочная проволока[1].

Рисунок 5.2 — Способы дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов

Анализ способов сварки приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1 — Анализ способов сварки секторных колен отводов.

№ п/п	Наименование конструкции, устройства или способа обработки	Эскиз	Преимущества	Недостатки
1.	Ручная сварка покрытым электродом.	Рис.5.1, а	1. Сварка во всех пространственных положениях сталей всех структурных классов. 2. Высокоманевренный способ.	1. Невысокая производительность процесса. 2. Качество швов зависит от квалификации электросварщика.

Продолжение Таблицы 5.1

2.	Автоматическая (и механизированная) сварка под флюсом	Рис.5.1, б	1) Высокая производительность способа сварки. 2) Высокое качество сварных соединений. 3) Сварка сталей всех структурных классов. 4) Низкий расход электродного металла и электроэнергии. 5) Улучшение условия труда сварщика. 6) Простая техника выполнения сварки.	1. Сварка швов только в нижнем (наклонном) положении.
3.	Механизированная сварка порошковой проволокой	Рис.5.1, в	1. Сварка во всех положениях, кроме потолочного (в потолочном – ограничена). 2. Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей. 3. Производительность процесса выше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом.	1. Качество швов зависит от квалификации сварщика. 2. Разбрызгивание ·
4,	Механизированная сварка в защитных газах (углекислом и в смеси с аргоном и кислородом) плавящимся электродом – проволокой сплошного сечения	Рис.5.1, г	1. Сварка швов во всех пространственных положениях проволокой диаметром 0,8...4,2 мм и, кроме потолочного, проволокой диаметром 1,6 мм и более. 2. Сварка углеродистых и	1. Качество швов зависит от квалификации сварщика. 2. Высокая трудоемкость. 3. Необходимость организации надежной защиты зоны сварки.

Продолжение Таблицы 5.1

			низколегированных конструкционных сталей. 3. Производительность выше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом. Широкая возможность механизации и автоматизации процесса.	
5.	Ручная и автоматическая сварка в среде инертного газа – аргона (гелия и смеси аргона с гелием)	Рис.5.2, а,б	1. Сварка швов во всех пространственных положениях. 2. Сварка сталей всех структурных классов. 3. Высокое качество швов.	1. Низкая производительность процесса. 2. Высокая трудоемкость. 3. Высокая стоимость инертных газов.

Одним из основных показателей, характеризующих производительность способов сварки, является коэффициент наплавки ($\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$) $a_n = m_n / I T$, где m_n – масса наплавленного металла, г; I – сила тока сварки, А; T – время сварки, ч[1].

Значения коэффициента наплавки для различных способов дуговой сварки, $\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$, приведены ниже.

Ручная покрытым электродом.....	8,5...11
Аргонодуговая.....	2,5...3,5
Под флюсом.....	14...18
В углекислом газе.....	13...22
Порошковой проволокой.....	9...24

Показателем тепловой характеристики является удельная (погонная) энергия сварки, МДж/м,

$$3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (I U_n / V),$$

где n – коэффициент мощности процесса; $n = 0,8$ при ручной дуговой сварке покрытым электродом; $n = 0,5$ при аргонодуговой сварке; $n = 1,0$ при дуговой сварке под флюсом; $n = 0,5 \dots 0,6$ при сварке в среде активных газов и порошковой проволокой; I – сила сварочного тока, А; U – напряжение на дуге, В; V – скорость сварки, м/ч [1].

Значения удельной энергии дуговой сварки, МДж/м, проводимой различными способами, приведены ниже.

Ручная покрытым электродом.....	0,5...8
Аргонодуговая.....	0,1...2
Под флюсом.....	2,0...12
В углекислом газе.....	0,2...6
Порошковой проволокой.....	0,1...8

Для пересчета удельной энергии сварки, выраженной в международной системе единиц СИ, во внесистемную единицу, распространенную на практике, можно использовать соотношение $1 \text{ МДж/м} = 2,4 \text{ ккал/см}$ [1].

5.1 Ручная дуговая сварка покрытым электродом

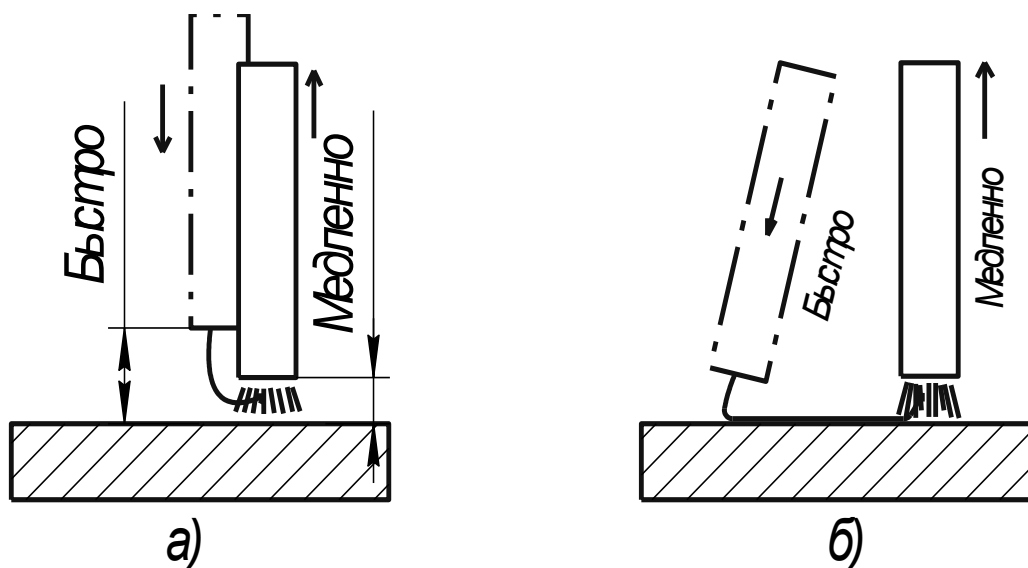
Ручная дуговая сварка покрытым электродом отличается высокой маневренностью и возможностью выполнения швов во всех пространственных положениях. Качество сварных швов зависит от многих факторов: квалификации электросварщика, техники выполнения швов, режима сварки, типа свариваемых конструкций, условий проведения сварочных процессов. Сварку ответственных конструкций, подведомственных государственным надзорным организациям, выполняют высококвалифицированные электросварщики, аттестованные на первый уровень в соответствии с ПБ 3-164-97 [3].

Техника выполнения шва включает операции зажигания дуги, выбора положения электрода в пространстве и перемещения его при сварке. Перед зажиганием дуги устанавливают необходимую силу сварочного тока, которая зависит от способа сварки, марки электрода, типа сварного соединения,

положения шва в пространстве и др. При ручной дуговой сварке электрическая дуга зажигается двумя способами (рис.5.3): 1) электрод подводится к месту начала сварки перпендикулярно и после сравнительно легкого прикосновения к детали поднимается на 2...5 мм; 2) аналогично процессу зажигания спички[3].

При автоматическом (и механизированном) способе сварки зажигание дуги производит специальное устройство.

При обрыве дуги она зажигается повторно на наплавленном металле сзади кратера на расстоянии 5...10 мм[3].



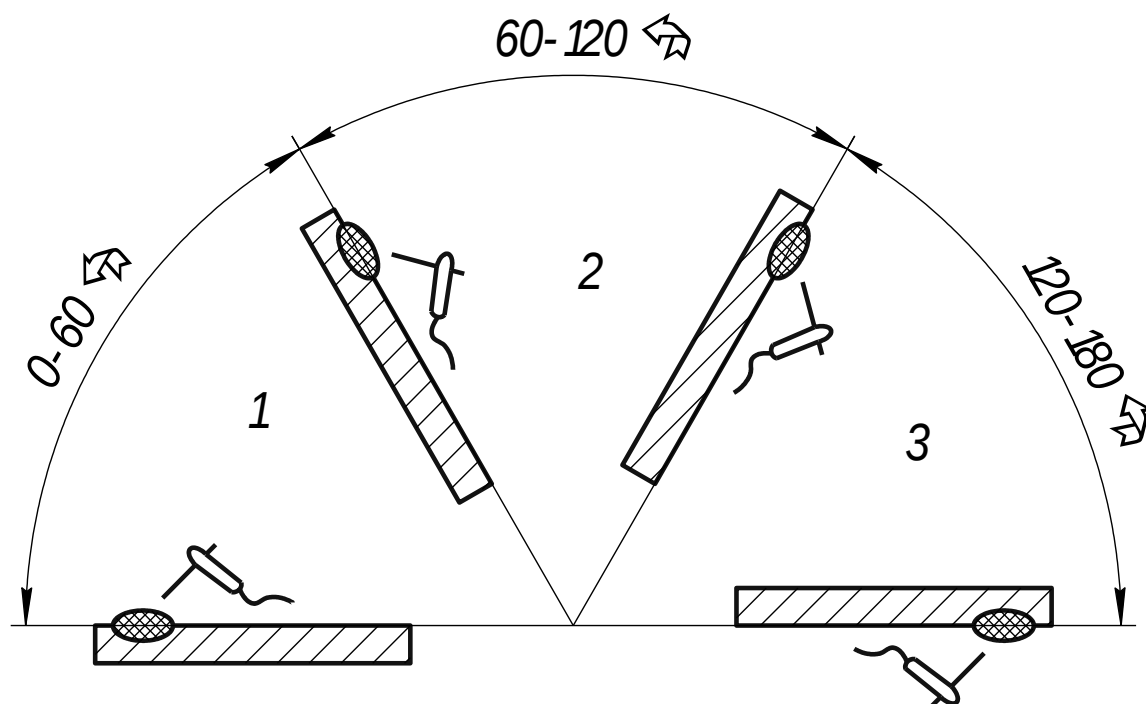
а – прикосновением электрода; б – чирканьем концом электрода о поверхность металла

Рисунок 5.3 — Схема зажигания сварочной дуги

Положение электрода зависит от положения шва в пространстве (рис.5.4), при этом при ручной дуговой сварке вертикальные швы сваривают в направлении, как правило, снизу вверх; в отдельных случаях, например, при использовании электродов с целлюлозным покрытием – в направлении сверху вниз[3].

Сварные швы выполняют узкими (ниточными) или более широкими. Узкие швы (валики) шириной (1...2) $d_э$, где $d_э$ – диаметр стального стержня электрода, получаются при движении электрода вдоль оси свариваемого шва без поперечных колебаний. Сварные швы (слои, валики) шириной (2...5) $d_э$

выполняют при колебательных движениях конца электрода, которые в зависимости от траектории поперечных колебаний обеспечивают необходимый прогрев и проплавление свариваемых кромок и корня шва[3].



1 – нижнее; 2 – вертикальное или горизонтальное; 3 – потолочное

Рисунок 5.4 — Положение сварного шва в пространстве

Силу сварочного тока выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода, при этом учитываются положение шва в пространстве, вид соединения, толщина свариваемого металла, температура окружающего воздуха. Для подбора силы сварочного тока используют зависимости:

при сварке конструкционных сталей (кроме аустенитных)

$$I = (40 \dots 50) d_{\text{э}};$$

$$I = (20 + 6 d_{\text{э}}) d_{\text{э}};$$

при сварке аустенитных сталей и высоконикелевых сплавов

$$I = (30 \dots 35) d_{\text{э}}.$$

Наибольшее значение силы тока относится к сварке швов в нижнем положении, наименьшее – в потолочном и вертикальном. Зависимость силы

сварочного тока от диаметра электрода при ручной дуговой сварке приведена ниже в табл. 5.2.

Таблица 5.2 — Зависимость силы сварочного тока от диаметра электрода[3]

Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
1,5	25...40
2	40...75
2,5	75...90
3	90...120
4	120...200
5	200...280
6	280...360
7	360...450
8	450...560

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения, положения шва в пространстве, размеров свариваемой детали, состава свариваемого металла. При сварке встык деталей толщиной до 4 мм применяют электроды диаметром, равным толщине свариваемого металла. При сварке деталей большей толщины используются электроды диаметром 4...8 мм при условии обеспечения необходимого провара и формирования шва, при этом в многослойных швах первый слой выполняют электродами диаметром 3...4 мм.

При сварке швов в вертикальном положении применяют электроды диаметром не более 5 мм; потолочные швы сваривают электродами диаметром 3...4 мм [3].

5.2 Автоматическая дуговая сварка под флюсом

Автоматическая (и механизированная) дуговая сварка под флюсом по сравнению с ручной покрытым электродом отличается следующим:

- более высокой (в 5 -20 раз) производительностью процесса, что достигается использованием больших токов (соответственно большей плотности), увеличенной скоростью сварки и уменьшением объема наплавленного металла вследствие более глубокого проплавления основного металла;

- высоким качеством сварных соединений, чему способствуют надежная защита сварочной ванны от взаимодействия с кислородом и азотом окружающего воздуха (содержание азота в металле шва до 0,08 % или в 2 – 4 раза меньше, чем при ручной дуговой сварке покрытым электродом), высокая стабильность процесса, обеспечивающая однородность металла шва по химическому составу, и снижение опасности появления непровара вследствие более глубокого проплавления основного металла[1];

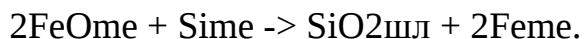
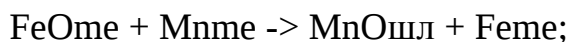
- низким расходом электродного металла и электроэнергии, особенно при сварке деталей толщиной до 12 мм. Обычно сварка деталей толщиной до 12 мм выполняется без разделки кромок с минимальной долей участия электродного металла в образовании шва[1];

- хорошим формированием шва (гладкая мелкочешуйчатая поверхность с плавным переходом к основному металлу) с охранением постоянства размеров по длине соединения;

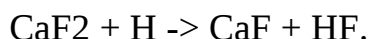
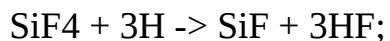
- улучшением условий труда сварщика благодаря отсутствию светового излучения дуги;

- простой техники выполнения сварки.

Рафинирование (очищение) металла шва при сварке от серы и фосфора обеспечивается взаимодействием жидкого металла со шлаком. Одновременно происходит восстановление железа (при сварке углеродистых и низколегированных сталей) благодаря присутствию:



В результате этих реакций силикаты марганца ($\text{MnO} * \text{SiO}_2$) всплывают на поверхность сварочной ванны. Водород из жидкого металла удаляется в шлак в виде прочного соединения HF: в результате взаимодействия водорода с фтористым кальцием CaF_2 , находящемся в сварочных флюсах, по реакциям:



Технико-экономические показатели дуговой сварки под флюсом заключаются в следующем. Максимальная скорость сварки однофазной дугой составляет 70 м/ч, а применение многодуговых аппаратов позволяет увеличить ее до 300 м/ч при высоком качестве свариваемых швов. Диапазон значений силы сварочного тока I в зависимости от диаметра электрода $d_{\text{э}}$ 200...1200 А (табл.7); производительность сварки под флюсом достигает 6...21 кг/ч; коэффициент наплавки 14...18 г/(А*ч); потери на угар и разбрызгивания 1...3% ; расход флюса составляет 1,1...1,4 расхода электродной проволоки[1].

Автоматическая (механизированная) дуговая сварка под флюсом является одним из основных способов сварки плавлением при изготовлении сварных конструкций из стали различных структурных классов. Наиболее рациональным считается использование сварки под флюсом при производстве однотипных сварных конструкций, имеющих протяженные швы, и удобных для удержания флюса. Экономически целесообразно сваривать под флюсом металл толщиной от 1,5...2 до 60 мм и нецелесообразно сваривать конструкции с короткими швами. Сдерживающим фактором широкого применения дуговой сварки под флюсом в монтажных условиях является возможность ее использования только для выполнения швов в нижнем и в наклонном положениях под углом не более 8° к горизонтальной плоскости.[1]

Таблица 5.3 — Значения силы сварочного тока при сварке под флюсом[1]

Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А	Плотность тока, А/мм ²
2	200...600	65...200
3	300...700	45...90
4	400...800	35...60
5	600...1000	30...50
6	700...1200	25...45

5.3 Дуговая сварка в среде защитных газов

К особенностям дуговой сварки в защитных газах, обеспечивающих более эффективное ее применение в сравнении с другими способами сварки (в первую очередь с ручной дуговой сваркой покрытым электродом), относятся:

- высокая концентрация дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации деталей после сварки;
- более высокая производительность особенно при сварке плавящимся электродом. При применении автоматической или механизированной сварке в зависимости от защитной среды, пространственного положения и формы свариваемого шва, диаметра электродной проволоки и других параметров может достигаться увеличение производительности в 1,3 – 2 раза по сравнению с ручной дуговой сваркой;
- возможность сварки швов в различных пространственных положениях, что делает этот процесс фактически единственным при механизации сварки швов, расположенных на вертикальной плоскости и в потолочном положении, а также при механизации сварки неповоротных стыков труб;
- возможность обеспечения высокоэффективной защиты расплавленного металла, особенно при использовании в качестве защитной среды инертных газов (аргон, гелий), и тем самым повышения качества сварных соединений;

- возможность наблюдения при сварки за поведением сварочной ванны, дуги, плавлением электродного или присадочного металла и формированием шва, а следовательно, возможность своевременного управления этими процессами;

- широкая возможность механизации и автоматизации процесса.

Основным недостатком дуговой сварки в защитных газах является необходимость организации надежной защиты зоны сварки от ветра и сквозняков, вызывающих разрушение защитного газового потока, истекающего из сопла сварочной горелки (электрододержателя), и проводящих к образованию пор в сварном шве[2].

Дуговая сварка в защитных газах может быть выполнена плавящимся и неплавящимся (вольфрамовым) электродом. По характеру воздействия дуги на свариваемый металл сварку в защитных газах выполняют дугой косвенного действия (независимой) двумя неплавящимися электродами, дугой прямого действия плавящимся и неплавящимся электродом (рис.6), а также трехфазной дугой [2].

5.4 Сварка в инертных газах

В качестве защитной среды при сварке используются аргон, гелий, диоксид углерода (углекислый газ), кислород и их смеси (табл. 5.4). Из инертных газов преимущественно используется аргон и реже гелий, вследствие его высокой стоимости. Аргон, гелий и их смеси применяются главным образом при сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом. Аргон обеспечивает при сварке неплавящимся электродом хорошее формирование швов. Гелий в сравнении с аргоном обеспечивает лучшую устойчивость горения дуги, большую глубину проплавления основного металла и, кроме того, хороший перенос металла через дугу при сварке плавящимся электродом вследствие более высокого падения напряжения на дуге[2].

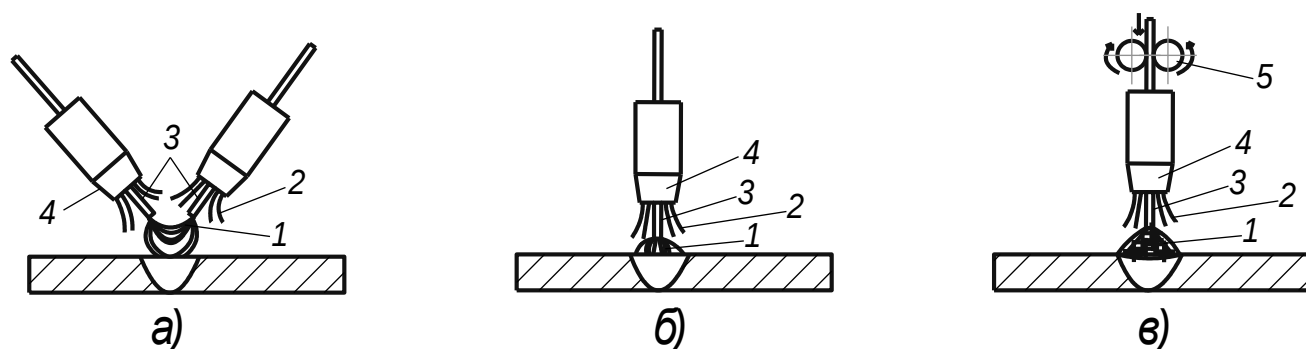
Таблица 5.4 — Защитные газы для дуговой сварки сталей и сплавов[2]

Свариваемые стали	Защитный газ при сварке	
	неплавящимся электродом	плавящимся электродом
Низкоуглеродистые, легированные конструкционные, низколегированные теплоустойчивые	Ar	CO ₂ ; 25% Ar + 75% CO ₂ ; Ar (75...90)% + CO ₂ (10...20)%; Ar (60...90)% + CO ₂ (5...25)% + +O ₂ (5...15)%*
Высоколегированные коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные	Ar; He; Ar (60...70)% + He (30...40)%	CO ₂ ; Ar (70...80)% + CO ₂ (20...30)%; Ar (90...95)% + CO ₂ (3...7)% + +O ₂ (2...3)%
Жаропрочные сплавы на никелевой основе	Ar; He; Ar (60...70)% + He (30...40)%	Ar; He; Ar (90...95)% + CO ₂ (2...7)% + +O ₂ (2...3)%
*Оптимальный состав смеси газов Ar 70% + CO ₂ 25% + O ₂ 5%.		

Сварка в смеси аргона с гелием (например, Ar 65% + He 35%) обеспечивает глубокое проплавление основного металла, хорошее формирование шва и минимальное разбрызгивание металла. Стоимость сварки в смеси защитных газов (Ar + He) значительно ниже, чем сварки в чистом гелии[2].

При сварке в инертных газах применяют присадочную проволоку преимущественно того же состава, что и свариваемая сталь. Процесс сварки

неплавящимся электродом выполняется на прямой полярности постоянного тока[2].



а – дугой косвенного действия; б – дугой прямого действия неплавящимся электродом; в - дугой прямого действия плавящимся электродом; 1 – электрическая дуга; 2 – защитный газ; 3 – электрод; 4 – газовое сопло; 5 – подающие ролики

Рисунок 5.5 — Схемы способов дуговой сварки в среде защитных газов

Сварка плавящимся электродом в инертных газах не находит широкого применения вследствие повышенной склонности образованию пор в металле швов, особенно при выполнении сварных соединений углеродистых и низколегированных сталей. Общие причины образования пор в металле швов при сварке в инертных газах и их смесях следующие[2]:

- повышенное содержание примесей в инертных газах;
- недостаточная защита расплавленного металла;
- повышенное содержание активных газов в основном металле и проволоке;
- недостаточное содержание элементов-раскислителей в сварочной проволоке;
- наличие влаги, очагов коррозии, грязи на поверхности свариваемых деталей и т.д.

В качестве активных газов при сварке используют углекислый газ и его смесь с кислородом. Сварка в углекислом газе плавящимся электродом проволокой сплошного сечения является наиболее распространенным

механизированным способом сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

5.5 Дуговая сварка самозащитной проволокой

Дуговая сварка самозащитной проволокой разделяется на сварку трубчатыми порошковыми проволоками и легированными проволоками сплошного сечения. Применение дуговой сварки порошковой проволокой позволяет[1]:

повысить производительность в среднем в 2 – 3 раза, а в отдельных случаях (при сварке толстолистовых металлоконструкций или вертикальных стыковых швов) в 7 – 9 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытым электродом, а иногда и при сравнении с механизированной сваркой в углекислом газе проволокой сплошного сечения;

получать сварные швы с высокими механическими свойствами и хорошим внешним видом, что не требует их последующей механической обработки.

Порошковые трубчатые проволоки состоят из металлической оболочки, обычно выполненной из низкоуглеродистой кипящей стали, и внутренней порошковой набивки (сердечника). Внутренняя набивка содержит элементы-раскислители (чаще всего ферросплавы), железный порошок и шлакообразующие компоненты, а также дополнительно газообразующие компоненты, иногда и некоторое количество элементов Al, Ti и других, имеющих большое сродство с азотом и кислородом[1].

Вредное влияние азота и кислорода на плотность и свойства металла шва подавляется путем физического оттеснения воздуха от переплавляемого дугой металла газами и шлаками. Большое преимущество сварки порошковой проволокой – меньшая чувствительность к ветру по сравнению со сваркой в защитных газах. К недостаткам относятся необходимость ведения процесса сварки порошковой проволокой в узких диапазонах сварочных режимов и некоторая сложность в изготовлении порошковых проволок и их способность изменять свои свойства при длительном хранении[1].

6.ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ

6.1 Сварочные вращатели

Для сварки секторных отводов с наружным диаметром 820 мм возможно применение универсальных, вертикальных и горизонтальных сварочных вращателей, таких как М-11050 А, М-11060 А и М-31050 А.

Вращатель М-11050 А (рис.6.1) предназначен для установки изделий в положение, удобное для сварки и вращения со сварочной скоростью при автоматической дуговой электросварке круговых швов под слоем флюса, в среде защитных газов, а также при наплавочных работах. Может быть использован для поворота изделий на маршевой скорости и установки их в положение, удобное для полуавтоматической и ручной электросварки[5].

Станина вращателя сварная. В подшипниках скольжения к станине крепятся стол с механизмом вращения планшайбы и зубчатый сектор механизма наклона. Привод наклона планшайбы установлен на стойке станины. Приводы вращения и наклона планшайбы имеют унифицированные червячно-цилиндрические редукторы. Вращатель снабжен устройством, предназначенным для автоматической остановки после окончания сварки кругового шва с перекрытием[5].

Изделие крепится на планшайбе с Т-образными пазами с помощью крепежных приспособлений. Полый шпиндель позволяет устанавливать приспособление с центральным креплением изделия или применять пневматическое зажимное устройство[5].

Электрооборудование смонтировано в нише станины вращателя.

Управление кнопочное с переносного пульта. Климатическое исполнение— УХЛ 4, ГОСТ 15150-69[5].



Рисунок 6.1 — Вращатель сварочный универсальный М11050 А

Вращатель сварочный универсальный М-11060 А (рис.6.2) предназначен для установки изделий в положение, удобное для сварки и вращения со сварочной скоростью при автоматической дуговой электросварке круговых швов под слоем флюса, в среде защитных газов, а также при наплавочных работах. Может быть использован для поворота изделия на маршевой скорости и установки его в положение, удобное для полуавтоматической и ручной электросварки[5].

Вращатель состоит из следующих основных узлов: станины, поворотного стола, приводов вращения и наклона планшайбы. Станина вращателя представляет собой сборно-сварную конструкцию, к которой на полуосях крепится стол вращателя с приводом вращения, шпиндельным узлом и планшайбой[5].

Вращение планшайбы осуществляется от электродвигателя постоянного тока через червячно-цилиндрический редуктор, установленный на столе. Сбоку на станине смонтирован привод наклона стола, состоящий из асинхронного электродвигателя и червячно-цилиндрического редуктора. На боковой стенке стола закреплен зубчатый сектор[5].

Изделие крепится на планшайбе с Т-образными пазами с помощью крепежных приспособлений.

Электроаппаратура управления размещена в нише станины вращателя.

Управление кнопочное с переносного пульта без автоматической остановки[5].



Рисунок 6.2 — Вращатель сварочный универсальный М-11060 А

Сварочный горизонтальный вращатель М 31050 А (рис. 6.3) предназначен для вращения изделий вокруг горизонтальной оси при автоматической дуговой электросварке круговых швов под флюсом, в среде защитных газов, при наплавочных работах, а также для поворота и установки изделий в удобное положение при полуавтоматической и ручной сварке. Вращение планшайбы передней стойки осуществляется от электродвигателя постоянного тока через червячный редуктор. Задняя стойка, состоящая из бабки с выдвижной пинолью, устанавливается на тележке, передвигаемой по рельсовому пути вручную. Пиноль задней бабки имеет механизм выдвижения с ручным приводом. Вращатель снабжен устройством для автоматической

остановки после окончания сварки кругового шва с перекрытием, а также двумя захватами для крепления к рельсовому пути. На горизонтальном вращателе свариваются цилиндрические, корпусные, рамные и балочные конструкции. Изделие присоединяется к планшайбам с Т-образными пазами крепёжными приспособлениями. Изделие может крепиться к несущей раме, установленной между планшайбами или на шпинделях стоек. Предусмотрена возможность установки изделия в центрах. Электроаппаратура управления размещена в нише передней стойки. Управление кнопочное с переносного пульта. Климатическое исполнение - УХЛ 4, ГОСТ 15150-69[5].



Рисунок 6.3 — Сварочный горизонтальный вращатель М 31050 А

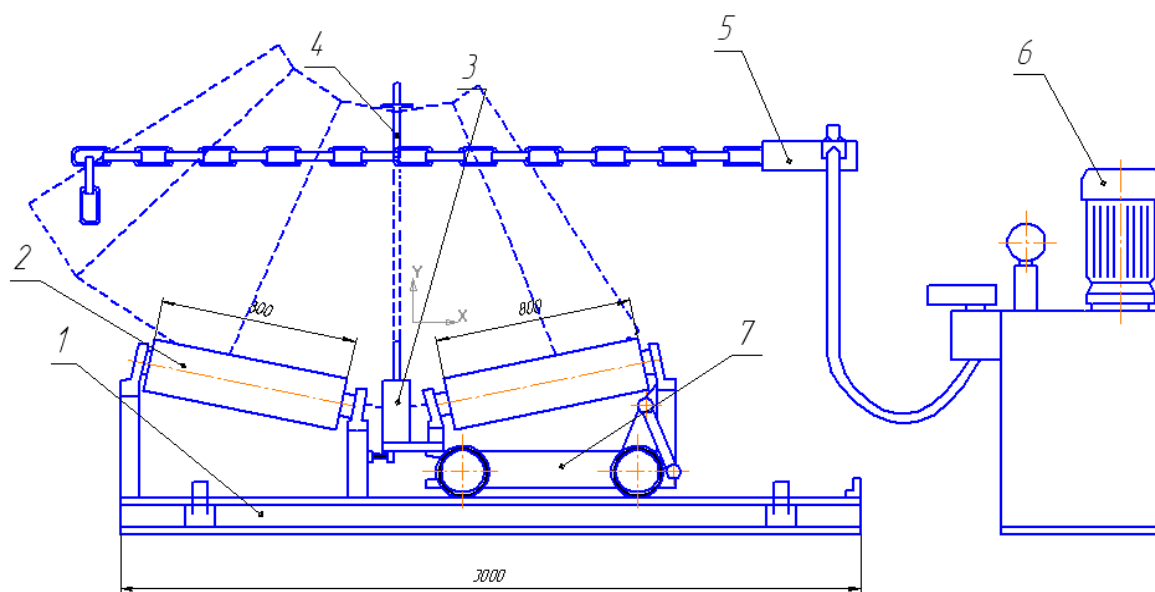
Из выше перечисленных вращателей в качестве приспособления для сварки наиболее рациональным с точки зрения занимаемой площади и относительной дешевизны следует выбрать универсальный сварочный вращатель М 11060 А, техническая характеристика которого представлена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 — Техническая характеристика универсального сварочного вращателя М 11060 А[5]

Наименование параметра	Показатель
Грузоподъемность, кг, наибольшая, при положении планшайбы:	
вертикальном	2000
горизонтальном	2500
Крутящийся момент, Н·м, наибольший:	
на оси вращения планшайбы	4000
относительно оси наклона планшайбы, не менее	6300
Частота вращения планшайбы в процессе сварки, мин ¹	0,05-2,5
Угол поворота планшайбы, наибольший	±360°
Угол наклона планшайбы, наибольший	135°
высота от уровня пола до оси наклона планшайбы, мм	1000
Сварочный ток (ПВ=100%) , А	1250
Мощность электродвигателя, кВт:	
привода вращения	2,2
привода наклона	1,5
Ток питающей сети:	
род	Переменный; 3-фазный
частота, Гц	50
напряжение, В	380
Габариты вращателя, мм	1800×1600×1170
Масса вращателя, кг	1500

6.2 Приспособление для сборки

Для сборки секторов и полусекторов отводов D_y 500...1400 мм применяют стенд (рис. 6.4), который представляет собой неподвижную 1 и подвижную 7 опоры с обрезиненными роликами 2, установленными на общей раме с направляющими. В центре рамы расположены стационарная пластина 3 и съемная пластина 4, обеспечивающая заданный зазор в стыке при его сборке под сварку. На стенде сначала собирают секторы и полусекторы, которые затем собирают в отвод. Собираемые секторы и полусекторы прижимают один к другому гидростяжкой 5 с цепью. Гидростяжка питается от общей гидростанции 6. Габаритные размеры стенда 3000x950x680 мм; масса 500 кг[11].



1- неподвижная опора; 2- опора с обрезиненными роликами; 3- стационарная пластина; 4- съемная пластина; 5- гидростяжка; 6- гидростанция; 7- подвижная опора

Рисунок 6.4 — Стенд для сборки секторов отводов[11]

6.3 Сварочное оборудование для сварки отводов

Для сварки отводов, применяем сварочный автомат ТС-16-1 предназначенный для автоматической сварки и наплавки электродной проволокой под флюсом изделий из малоуглеродистых сталей. Он может производить сварку металлических соединений встык с разделкой и без разделки кромок, с копирами и без копиров, угловых швов, а так же нахлесточных соединений. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми.

Сварочный автомат состоит из сварочного трактора ТС-16 и сварочного выпрямителя ВДУ-1202. Сварочный трактор служит для подачи электродной проволоки и флюса в зону сварки и представляет собой самоходное устройство, перемещающееся вдоль сварного шва по изделию или направляющей линейке[11].

Трактор ТС-16 имеет ступенчатые регулировки скорости подачи электродной проволоки и скорости перемещения тележки[1].

Сварочный выпрямитель ВДУ-1202 является источником сварочного тока.

Достоинства сварочного трактора ТС-16:

- увеличенная мощность двигателя;
- увеличенная износостойкость редукторов за счет рациональной конструкции;
- усовершенствованный механизм подачи проволоки;
- съемный пульт управления;
- возможность подключения местного освещения;
- изменение центра тяжести трактора при сварке по наклонной плоскости;
- сменные ведущие ролики;
- возможность сцепления и расцепления колес с приводом с помощью муфты;
- наличие регулируемого копира для сварки тавровых швов и швов с разделкой кромок;

- наличие лазерной индикации для контроля движения по шву.

Технические характеристики трактора ТС-16 представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Техническая характеристика сварочного трактора ТС-16[11]

Наименование параметра	норма
Номинальное напряжение трехфазной питающей сети частотой 50 Гц, В	380
Номинальный сварочный ток при ПВ=100%, А	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	2...5
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	52...403
Скорость сварки, м/ч	16...126
Диапазон плавного регулирования угла наклона сварочной головки в плоскости, перпендикулярной шву, град.	-45...+45
Напряжение питания электродвигателя частотой 50 Гц, В	3×36
Мощность электродвигателя, Вт	200
Ёмкость барабана для проволоки, кг	15
Ёмкость бункера для флюса, дм ³	6,5
Габаритные размеры трактора , мм	716×346×54 0
Масса трактора (без проволоки и флюса), кг	45
Габаритные размеры блока управления, мм	370×215×21 5
Масса блока управления, кг, не более	10

В качестве источника питания для автоматической сварки под слоем флюса используем выпрямитель ВДУ 1202 УЗ, техническая характеристика которого приведена в таблице 6.5.

Таблица 6.5 — Техническая характеристика ВДУ 1202 УЗ[11]

Наименование параметра	норма
Номинальный сварочный ток, А	1250
Первичный ток при номинальной нагрузке, А, не более	155
Потребляемая мощность, КВА, не более	102
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Пределы регулирования сварочного тока, А (ПВХ/ЖВХ*)	200-1250 250-1250
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	28-56 26-56
Номинальная продолжительность работы, ПВ, %	100
Коэффициент полезного действия, %, не менее	79
Крутизна наклона жестких внешних вольтамперных характеристик, В/А	0,03
Отношение тока короткого замыкания к номинальному на ПВХ	1,45
Габаритные размеры, мм, не более: Длина Ширина Высота	1160 690 1025
Масса, кг, не более	580

7. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ (ПРОЕКТНЫЙ ВАРИАНТ)

Сборку стыков труб и деталей под сварку следует производить по рабочим чертежам в соответствии с требованиями ГОСТ, СНиП, отраслевых стандартов и другой нормативной и технической документацией.

С целью повышения точности сборки стыков под сварку все трубы одного нормативного размера целесообразно рассортировать на группы.

Трубы и детали трубопроводов фактические размеры концов которых находятся в пределах допускаемых отклонений по ГОСТ или ТУ, но не позволяют выполнить требования к точности сборки стыка под сварку, должны подвергаться правке (калибровке) с обеспечением плавного перехода от большого диаметра к меньшему под углом не более 15° [1].

При D_y до 150 мм требуемая точность концов по внутреннему диаметру может быть достигнута при помощи конусных или разжимных оправок[1].

При $D_y=200...500$ мм правку концов труб и деталей осуществляют механизированным способом с помощью специализированных установок для калибровки или внутренних силовых центраторов[1].

После калибровки концов сварных труб и деталей проверяют деформированную часть шва на отсутствие надрывов и трещин путем осмотра наружной и внутренней его поверхности при помощи лупы 4-6 - кратного увеличения, в сомнительных случаях цветным или люминесцентным методами[1].

При сборке стыков трубопроводов обеспечивается правильное фиксированное взаимное расположение соединяемых концов труб, деталей и арматуры, при этом разностенность (разница толщин стенок) и смещение внутренних кромок при их стыковке под сварку не превышает величин, указанных в табл. 7.2. [1]

Таблица 7.2 — Максимально допустимое смещение внутренних кромок[1].

Трубопроводы	Толщина стенки труб и деталей S, мм				
	1 ...3	3,5 ...6	7 ...10	11 ...20	Св ыше 20
На Ру до 10 МПа общего назначения (по ОСТ 36-123-85)	0,35 S, но не более 3 мм				
Для пара и горячей воды, подводомственные Госпроматомнадзору	0, 2 S	0,1 S+0,3	0, 15 S	0,0 5 S+1	0,1 S, но не более 3 мм
Для горячих токсичных и сжиженных газов (ПУГ-69)	0,1 S, но не более 3 мм				
Для тепловых сетей (по СНиП 3.05.03-85) и промисловых трубопроводов	0,2 S, но не более 3 мм				
Для тепловых электростанций (РТМ-1с-81)	0,5			0,0 5 S	1
На Ру свыше 10 МПа	0,1 S, но не более 1 мм				

Концы труб и деталей перед сборкой и сваркой зачищают до металлического блеска по кромкам и прилегающей к ним наружной и внутренней поверхностям на ширину не менее 20 мм.

Сборку элементов и узлов трубопроводов осуществляют при помощи сборочных стендов, центрирующих устройств и приспособлений, обеспечивающих установку и закрепление труб и деталей в заданном положении, а также позволяющих равномерно распределить по периметру стыка смещения кромок и зазоры, возникающие из-за погрешностей размеров и формы стыкуемых концов труб и деталей.

Для сборки секторов и полусекторов отводов D_y 500...1400 мм применяют стенд (рис. 6.4).

Сборку стыков производят на равномерно распределенных по их периметру прихватках после проведения операционного контроля правильности подготовки кромок.

Прихватку осуществляют ручной дуговой сваркой. Число и длина прихваток зависят от способа сварки и диаметра трубопровода. Они обеспечивают жесткость собранного изделия в процессе сварки (табл. 7.3):

Таблица 7.3 — Зависимость числа и длины прихваток от диаметра трубопровода[1]

Диаметр труб, мм	Количество прихваток по окружности трубы, мм	Длина прихваток, мм
До 100	3	10...20
100...300	3...4	20...30
300...600	4...6	30...40
Свыше 600	6...10	60...80

К качеству прихваток и основного сварного шва предъявляются одинаковые требования. Прихватки необходимо зачистить от шлака и брызг

металла до металлического блеска. При обнаружении в прихватке пор и трещин она должна быть полностью удалена механическим способом[1].

Свободные концы труб на весь период проведения сварочных работ следует заглушить.

Производить сборку и сварку труб при наличии влаги на поверхности кромок и участках, прилегающих к стыку, запрещается.

Наружную поверхность состыкованных труб на расстоянии 100...150 мм по обе стороны от стыка перед прихваткой и сваркой целесообразно защитить от попадания брызг расплавленного металла раствором мела, каолина, асбестом или препаратами типа «Дуга»[1].

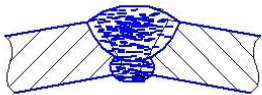
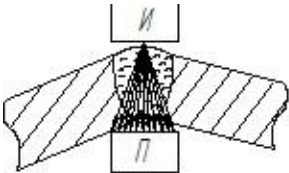
Сварку производят автоматической сваркой под слоем флюса. Для сварки отводов, применяем сварочный автомат ТС-16-1. Сварочный автомат состоит из сварочного трактора ТС-16 и сварочного выпрямителя ВДУ-1202. Сварочный трактор служит для подачи электродной проволоки и флюса в зону сварки. Сварочный выпрямитель ВДУ-1202 является источником сварочного тока. Режимы сварки приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4 — Режимы двусторонней сварки стыковых швов с V-образной разделкой кромок [1]

Толщина металла, мм	Шов	Слой	Диаметр сварочной проволоки, мм	Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
14	Основной	Первый	5	850	36-88	36
	Подварочный			750		53
16	Основной			900	36-88	32
	Подварочный			750		48
20	Основной			1000	38-40	27
	Подварочный			850	36-38	39

После сварки готовое изделие подвергается контролю качества сварных соединений (визуально-измерительный контроль и ультразвуковой контроль). Требования к качеству сварных швов приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5 — Требования к качеству сварных швов

Название метода контроля	Эскиз	Оборудование, приспособления, инструменты	Режимы	Технологические требования
Визуально-измерительный		Лупа Х7, шаблон УШС-3, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166	100% осмотр	Не допускается подрез > 0,5 мм непровар > 1 мм
Ультразвуковой		Дефектоскоп УД-24	Колебания с частотой 0,2...10 МГц	Ультразвуковой контроль сварных соединений должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86

ВЫВОДЫ

1. Приведен анализ способов сварки, из которого для изготовления отводов выбран способ автоматической сварки под слоем флюса, т.к. данный способ сварки является наиболее высокопроизводительным, менее трудоемким.

2. Выбрано высокопроизводительное оборудование для сборки секторов отводов.

3. Разработан технологический процесс сборки и сварки секторов отводов.

8. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

8.1 Технологическая характеристика объекта

Таблица 8.1 — Технологический паспорт объекта

Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1.Разметка обечайки.	Слесарь-сборщик	Чертилка, шаблоны	Смесь меловой краски с жидким стеклом, столярный клей
2.Резка обечайки.	Слесарь-сборщик	Резак Ракета II, баллон с кислородом, баллон с пропаном.	Воздух сжатый
3.Сборка и прихватка	Слесарь-сборщик, программист-наладчик	Стенд для сборки секторов отводов, источник питания, реостат балластный.	Сварочные электроды.

Продолжение Таблицы 8.1

4. Сварка	Программист-наладчик	Сварочный автомат ТС-16-1, источник питания, реостат балластный.	Сварочная проволока, флюс.
5. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, шаблон, штангенциркуль, дефектоскоп УД-24.	Мыльный раствор, мел

8.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 8.2 — Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Разметка обечайки.	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок.	Обечайка
2. Резка обечайки.	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Резак Ракета II, баллон с кислородом, баллон с пропаном

Продолжение Таблицы 8.2

	- повышенное давление в оборудовании, опасность взрыва	
3.Сборка и прихватка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенный уровень ультрафиолетовой радиации - повышенный уровень инфракрасной радиации	Стенд для сборки секторов отводов, источник питания, реостат балластный.
4. Сварка	- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенное содержание сварочной пыли и газов в воздухе рабочей зоны и в зоне дыхания сварщика	Сварочный автомат, стенд для сборки секторов отводов, флюс
5.Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Лупа, шаблон, штангенциркуль

8.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 8.3 — Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-
3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5. Повышенный уровень ультрафиолетового излучения	Экранирование места сварки щитами.	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенный уровень инфракрасного излучения	Экранирование места сварки щитами.	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное давление в оборудовании, опасность взрыва	Инструктаж по технике безопасности, контроль герметичности соединений.	-

Продолжение Таблицы 8.3

8. Повышенное содержание сварочной пыли и газов в воздухе рабочей зоны и в зоне дыхания сварщика вредных вдыхаемых газов	Установка местной вентиляции	Респираторы
--	------------------------------	-------------

8.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 8.4 — Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок автоматической сварки	Сварочный автомат ТС-16-1, стенд для сборки секторов отводов	Пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (E)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части установок, технологических оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре

Таблица 8.5 — Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1
Мобильные средства пожаротушения	Пожарные автомобили (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	'
Средства пожарной автоматики	'
Пожарное оборудование	Краны пожарные напорные пожарные рукава
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент	Лопата, багор, топор
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 8.6 — Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Автоматическая сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности,	На участке необходимо иметь первичные средства

Продолжение Таблицы 8.6

Автоматическая сварка	применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	пожаротушения в достаточном количестве, должны быть индивидуальные средства защиты и предусмотрена местная вентиляция.
-----------------------	---	--

8.5 Обеспечение экологической безопасности

технологического объекта

Таблица 8.7 — Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействи е техническо го объекта на атмосферу	Воздействи е техническо го объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Автоматическая сварка	Подготовка, сборка, сварка	Вредные газообразные вещества от сварки и резки	Слив воды	Упаковка от проволоки и флюса бумажная и полиэтиленовая ; металлолом, преимущественно стальной; бытовые отходы, отработанные масла

Таблица 8.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия по снижению негативных антропогенных воздействий	Установка контейнеров для селективного сбора бытовых производственных отходов, отдельный контейнер для металлолома, соответствующие надписи на них, инструктаж среди производственного персонала, как правильно складывать в контейнера мусор, отходы. Сбор отработанных масел для последующей переработки.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В процессе выполнения данного раздела были обнаружены вредные и опасные производственные факторы при автоматической сварке отводов.

Проанализировав данные факторы, удалось выявить способы их устранения и уменьшения. Они показали, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства может обеспечить безопасность работника при работе над предложенными технологическими решениями.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется. Имеет отрицательное влияние на окружающую среду. Поэтому необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

9. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

9.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Стыковое соединение секторов колен (отводов) сваривают ручной дуговой сваркой. Предлагается сваривать автоматической сваркой под слоем флюса.

Таблица 9.1 — Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Ручная дуговая сварка. Качество швов зависит от квалификации сварщика. Высокая трудоемкость. Необходимость организации надежной защиты зоны сварки.	Автоматическая сварка под флюсом. Высокопроизводительный способ сварки. Высокое качество сварных соединений. Сварка сталей всех структурных классов. Низкий расход электродного металла и электроэнергии. Улучшение условий труда сварщика. Простая техника выполнения сварки.

Таблица 9.2 — Исходные данные по проекту

№	Показатели	Ед. изм.	Базовый вариант	Проектный вариант
1	Годовая программа выпуска изделий	шт.	10000	10000
2	Разряд сварщика		4	4
3	Часовая тарифная ставка	р/час	37,55	37,55
4	Диаметр сварочной проволоки	мм	4	4
5	Отчисления на социальные нужды	%	26,2	26,2
6	Норма отчислений на текущий	%	24	24

Продолжение Таблицы 9.2

	ремонт оборудования			
7	Норма амортизационных отчислений на рабочий инструмент	%	17	17
8	Норма амортизационных отчислений на приспособления	%	15	15
9	Норма амортизации на оборудование	%	20	20
10	Норма амортизационных отчислений на здания	%	3	3
11	Цена 1 кг флюса	руб		45
12	Цена сварочных электродов	руб/кг	100	
13	Коэффициент расхода сварочных материалов		1,15	1,02
14	Длина шва	м	2,5	2,5
15	Норма расхода материала на 1 изделие	кг	0,5	0,5
16	Цена 1 кг сварочной проволоки (Св-08ГА)	руб.		120
17	Стоимость 1кг основного материала (сталь 09Г2С)	руб.	36	36
18	Стоимость 1 кВтч электроэнергии	руб.	1,9	1,9
19	Стоимость 1м ² площади здания цеха	руб.	3000	3000
20	Площадь, занимаемая под сварочные работы	м ²	30	30
21	Срок службы инструмента	лет	2	2
22	Срок службы приспособлений	лет	8	8
23	Коэффициент загрузки сварочного оборудования		0,85	0,85

Продолжение Таблицы 9.2

24	Суммарная цена используемого инструмента	руб.	2200	2200
25	Суммарная цена используемых сборочно-сварочных приспособлений	руб.	8100	8100
26	Суммарная цена технологического оборудования	руб.	78490	221720
27	Вспомогательное время, необходимое для сборки изделия и обработки его после сварки	мин.	20	20

9.2 Расчет нормы штучного времени на выполняемые технологические операции

$t_{шт}$ - время изготовления одного изделия, рассчитывается по формуле:

Базовый: $t_{шт} = t_o + t_v = 78 + 20 = 98$ мин

Проектный: $t_{шт} = t_o + t_v = 7 + 20 = 27$ мин

t_v – вспомогательное время (время закрепления деталей в приспособлении, снятие шлака со шва и освобождение готового узла из приспособления), мин.

Основное время сварки изделия t_o рассчитывается по формулам:

а) для ручной и механизированной (полуавтоматической) сварки и наплавки:

$$t_o = \frac{M_{напл.}}{I_{св.} \cdot \alpha_n} \text{ мин}$$

где: $M_{напл.}$ - масса наплавленного металла в изделии кг/м;

$L_{ш(в)}$ - длина швов (валиков) в изделии, м;

где $I_{св.}$ - сила сварочного тока, А;

α_n - коэффициент наплавки, для низкоуглеродистых сталей $\alpha_n = 9 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{час})$.

б) для автоматических способов сварки и наплавки:

$$t = \frac{I_{нп} \cdot 25}{6 \cdot V_{св}} \text{ мин}$$

где $V_{св}$ - заданная скорость сварки, м/мин.

9.3. Определение типа производства

Таблица 9.3 — Определение типа производства

Масса сварного изделия (кг)	Годовой выпуск продукции Nг по типам производства							
	Единичное и мелкосерийно е		Серийное (среднесерийн ое)		Крупносерийн ое		Массовое	
	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук	Тыс. тонн	Тыс. штук
до 25	до 0,125	до 5	0,125 – 5	5 – 200	5 – 10	200– 800	Св.10	Св. 800
25 – 100	0,2	2 – 8	0,2 – 10	8 – 100	10 –20	100– 400	Св.20	Св.40 0
100 –500	0,25	0,5 – 25	0,25 – 15	25 – 150	15 – 35	150– 350	Св.35	Св.35 0
500 –1000	0,3	0,3 – 2,6	0,3 – 5	2,6 – 10	5,0 – 50	10– 100	Св.50	Св.10 0
1000 – 5000	1,0	0,2 – 1,0	1,0 – 10	1,0 – 17	10 – 70	17–70	Св.70	Св. 70
5000 – 25000	2,5	0,1 – 0,5	2,5 – 15	0,5 – 10	15 – 100	10–25	Св.10 0	Св.25
25000 – 100000	5,0	0,05 – 0,2	5,0 – 100	0,2 – 4	100 – 250	4,0–10	Св. 250	Св.10
50000 – 100000	1,0	до 0,01	1,0	Св. 0,01	–	–	–	–

Исходя из того, что масса готового изделия составляет 438,8кг, а годовая программа выпуска 10000шт, определяем тип производства – серийное.

9.4 Расчет капитальных вложений в оборудование

Расчет капитальных вложений имеет целью сравнение альтернативных вариантов изготовления продукции на существующем и на новом оборудовании. Расчет ведется по двум сравниваемым вариантам.

Общие капитальные вложения в оборудование:

Базовый: $K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = 109897,77 \text{ руб.}$

Проектный: $K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} = 151756,25 + 103764,96 = 255521,21 \text{ руб.}$

где $K_{\text{пр.}}$ - прямые капитальные вложения в оборудование, руб.

$K_{\text{соп.}}$ - сопутствующие капитальные вложения в приобретенное оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываем для двух сравниваемых вариантов (базового и проектного) по формуле:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{баз}} + K_{\text{дем}} - K_{\text{мон}} \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пр}} = 109897,77 + 0 - 0 = 109897,77 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{баз}} + K_{\text{дем}} - K_{\text{мон}} \text{ руб.}$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ - затраты на монтаж нового оборудования, руб.;

$K_{\text{дем.}}$ - затраты на демонтаж старого оборудования, руб.;

Копия

Итого: 100 руб

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываются по формуле:

KANSAS

Удельные капитальные вложения в оборудование (капитальные вложения на одно изделие) рассчитываются для двух сравниваемых вариантов:

$\frac{R_{\alpha\beta\gamma\delta}^{\alpha\beta\gamma\delta}}{N} \approx 1000$ руб.

КР 255
КР 004
у д
N 1000 руб.

Дополнительные капитальные вложения в оборудование рассчитываются для определения более капиталоемкого варианта:

Κυριακή
δοξοδοσιφου 15 ημ. 196.

61

Затраты на материалы ($ЗМ$), необходимые для изготовления сварной конструкции рассчитываются по формуле (расчет ведем только по изменяющимся показателям):

Базовый: $ЗМ = ЗМ_{всп.} = 161 \text{ руб.}$

Проектный: $ЗМ = ЗМ_{всп.} = 310,2 \text{ руб.}$

$ЗМ_{всп.}$ - затраты на вспомогательные материалы (которые не остаются в шве после его формирования - неплавящиеся электроды, защитные газы, флюсы, покрытия, материалы для обезжиривания), руб.

В предлагаемых для расчета технологических процессах в качестве вспомогательных материалов используются: сварочные электроды УОНИ 13/55, сварочная проволока марки Св-08ГА, углекислый газ и флюс марки АН-348АМ.

Затраты на технологические и вспомогательные материалы рассчитываются по следующим формулам:

Для ручной дуговой сварки затраты на сварочные материалы складываются из затрат на электроды:

$$ЗМ_{св.} = ЗМ_{эл.} = 161 \text{ руб.}$$

где $З_{эл.}$ (пф – затраты на электроды (проволоку) для сварки и наплавки, руб.

$З_{з.г.}$ - затраты на защитный газ, руб.

Для автоматической сварки и наплавки под слоем флюса затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и флюс:

$$ЗМ_{св.} = ЗМ_{св.пр.} + З_{фл.} = 171,6 + 138,6 = 310,2 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{фл.}}$ - затраты на флюс, руб.

Затраты на электроды или сварочную проволоку рассчитываем по формуле:

$$ЗМ_{\text{эл.}} = H_{\text{эл.}} \cdot Ц_{\text{эл.}} = 1,61 \cdot 100 = 161 \text{руб.}$$

$$ЗМ_{\text{св.пр.}} = H_{\text{св.пр.}} \cdot Ц_{\text{св.пр.}} = 1,43 \cdot 120 = 171,6 \text{руб.}$$

где: $H_{\text{эл.}}$ (кг) - норма расхода электродов на одно изделие, кг;

$Ц_{\text{эл.}}$ (руб.) - цена электродов, руб. за 1 кг.

Если норма расхода электродов или проволоки ($H_{\text{эл.}}$; $H_{\text{св.пр.}}$) на изделие или один погонный метр шва не указана в чертеже или в карте технологического процесса, то она рассчитывается по формулам.

а) при сварке:

$$H_{\text{эл. (пр.)}} = Y \cdot L_{\text{ш(в)}} = 0,645 \cdot 2,5 = 1,61 \text{кг}$$

$$H_{\text{св.пр.}} = Y \cdot L_{\text{ш}} = 0,572 \cdot 2,5 = 1,43 \text{кг}$$

где: Y - удельная норма расхода сварочных материалов по длине шва, кг/м;

$L_{\text{ш(в)}}$ - длина сварного шва или наплавляемого валика на изделии, м.

$$Y_{\text{св.пр.}} = \frac{M_{\text{напл.}}}{L_{\text{ш}}} \cdot k_p \text{ кг/м}$$

$$Y_{\text{эл.}} = \frac{M_{\text{напл.}}}{L_{\text{ш}}} \cdot k_p \text{ кг/м}$$

где: k_p - коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродного металла при сварке и наплавке;

$M_{\text{напл.}}$ - расчетная масса наплавленного металла, кг/м.

При сварке и наплавке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле:

质量/米 kg/m

Материал кг/м

где ρ - плотность наплавленного металла, г/см³;

F_H - площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

При сварке многопроходных швов площадь поперечного сечения шва (мм^2), при которой обеспечивается его наилучшее формирование, должна составлять:

~~FFFE34E~~MM²

~~FFFE34E~~MM²

где $\Gamma_1 \in \mathcal{B}_1$ – первый проход;

$\Gamma_n \in \mathcal{A}_n$ — последующие проходы.

$$\mathbb{E}[\mathbf{e}_1] = \mathbf{0}, \mathbb{E}[\mathbf{e}_1] = \mathbf{0}$$

ESLCP **ESLCP**

где $d_{\text{св.пр}}$ - диаметр сварочной проволоки

Затраты на флюс для механизированной и автоматической сварки определяем по формуле:

311343 руб.

где $N_{\text{фл.}}$ - норма расхода флюса на 1 погонный метр шва, кг;

Ц_{фл.} - цена 1 кг флюса, руб.

Норму расхода флюса при сварке определяют исходя из величины расхода сварочной проволоки по формуле:

$$G_{\text{фл}} = k_{\text{фл}} \cdot G_{\text{св}} \quad \text{кг}$$

где $k_{\text{фл}}$ - коэффициент расхода флюса, зависящий от способа сварки, типа сварного соединения и формы подготовки кромок.

Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитывают исходя из полезной мощности оборудования:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об.}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{\text{э-э}} = \frac{3 \cdot 78}{0,85 \cdot 60} \cdot 1,9 = 8,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об.}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{\text{э-э}} = \frac{25 \cdot 7}{0,85 \cdot 60} \cdot 1,9 = 6,4 \text{ руб.}$$

где $P_{\text{об.}}$ - полезная мощность оборудования кВт;

η - коэффициент полезного действия;

$I_{\text{св}}$ - сила сварочного тока, А;

$U_{\text{д}}$ - напряжение на дуге, В;

$C_{\text{э-э}}$ - цена 1 кВт·часа электроэнергии.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{\text{об.}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} = 6,3 + 3,52 = 9,82 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об.}} = A_{\text{об.}} + P_{\text{т.р.}} = 4,9 + 8,51 = 13,41 \text{ руб.}$$

где $A_{\text{об.}}$ - амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$ - затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

$З_{в.тех}$ - затраты на воду техническую для охлаждения, руб.;

$З_{сж.во}$ - затраты на сжатый воздух, руб.

а) амортизационные отчисления на оборудование:

$$A_{об} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot k_{в.н} \cdot 60} = \frac{78490 \cdot 20 \cdot 98}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 60} = 6,3 \text{ руб.}$$

$$A_{об} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot k_{в.н} \cdot 60} = \frac{221720 \cdot 20 \cdot 27}{3654,72 \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 60} = 4,9 \text{ руб.}$$

где $\Pi_{об}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

N_a - норма амортизационных отчислений на технологическое оборудование;

$k_{в.н}$ - коэффициент выполнения норм = 1,1.

б) затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot k_3 \cdot 24\%}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot 60} \text{ руб.}$$

$$P_{т.р} = \frac{\Sigma \Pi_{об} \cdot k_3 \cdot 24\%}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot 60} \text{ руб.}$$

где $\Pi_{об}$ - цена единицы технологического оборудования, руб.;

$N_{т.р}$ - норма отчислений на текущий ремонт оборудования, принимаем = 24%;

k_3 - коэффициент загрузки оборудования.

Затраты на содержание и эксплуатацию сборочно-сварочных приспособлений и рабочего инструмента

Затраты на содержание и эксплуатацию сборочно-сварочных приспособлений как элемента основных фондов предприятия рассчитываем только в том случае, если срок их службы составляет не менее 1 года.

$$Z_{\text{прис}} = \frac{C_{\text{прис}} \cdot N_{\text{прис}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{прис}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{2200 \cdot 17 \cdot 98}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,08 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{прис}} = \frac{C_{\text{прис}} \cdot N_{\text{прис}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{прис}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{2200 \cdot 17 \cdot 27}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

где: $C_{\text{прис}}$ - цена используемых сборочно-сварочных приспособлений, руб.;

$N_{\text{прис}}$ - норма амортизационных отчислений на приспособления, %;

$T_{\text{прис}}$ - срок службы приспособлений, лет.

Затраты на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента как элемента основных фондов предприятия рассчитываем только в том случае, если срок его службы составляет не менее 1 года.

$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{C_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{инстр.}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{2200 \cdot 17 \cdot 98}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,08 \text{ руб.}$$

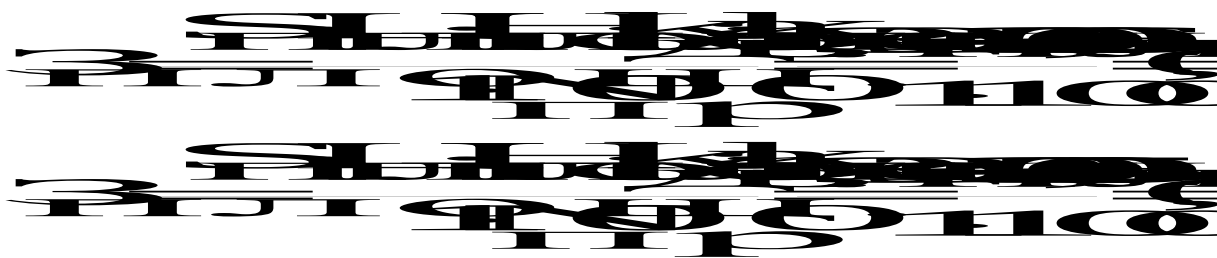
$$Z_{\text{инстр.}} = \frac{C_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{100 \cdot T_{\text{инстр.}} \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot 60} = \frac{2200 \cdot 17 \cdot 27}{100 \cdot 2 \cdot 3654,72 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{инстр.}}$ - суммарная цена используемого инструмента, руб.;

$N_{\text{инстр.}}$ - норма амортизационных отчислений на рабочий инструмент, %;

$T_{\text{инстр.}}$ - срок службы инструмента, часов.

Затраты на содержание и эксплуатацию
производственных площадей



где $S_{\text{плош}}$ - производственная площадь, занимаемая оборудованием, м^2 ;

$C_{\text{плош}}$ - цена 1 м^2 занимаемой производственной площади;

$N_{\text{аплош}}$ - норма амортизационных отчислений на производственные площади;

$k_{\text{доп.п}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды

Фонд заработной платы основных производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн.}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп.}} = 109,94 + 13,19 = 123,1 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн.}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп.}} = 30,92 + 3,09 = 34,01 \text{ руб.}$$

а) основная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн.}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}} = 37,55 \cdot 1,6 \cdot 1,83 = 109,94 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн.}} = C_{\text{ч}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot k_{\text{зпл}} = 37,55 \cdot 0,45 \cdot 1,83 = 30,92 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{ч}}$ - часовая тарифная ставка рабочего, руб./час;

$t_{\text{шт}}$ - время изготовления одного изделия, (час);

$k_{\text{зпл}}$ - коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,05 = 1,48$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{в.н}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_n = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

б) дополнительная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн.} = \frac{12}{100} \cdot 109,94 = 13,19 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп.} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн.} = \frac{10}{100} \cdot 30,92 = 3,09 \text{ руб.}$$

где k_d – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %.

в) отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц.} \cdot ФЗП}{100} = \frac{36,6 \cdot 123,1}{100} = 45 \text{ руб.}$$

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц.} \cdot ФЗП}{100} = \frac{36,6 \cdot 34,01}{100} = 12,44 \text{ руб.}$$

где $H_{соц.}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36,6%.

Технологическая себестоимость изготовления изделия

Рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} C_{тех.} &= ЗМ + З_{э-э} + З_{об.} + З_{плоч.} + ФЗП + O_{с.н.} = \\ &= 161 + 8,7 + 9,82 + 0,368 + 123,1 + 45 = 347,988 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{тех.} &= ЗМ + З_{э-э} + З_{об.} + З_{плоч.} + ФЗП + O_{с.н.} = \\ &= 310,2 + 6,4 + 13,41 + 0,315 + 34,01 + 12,44 = 376,775 \end{aligned}$$

Цеховая себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}} = 347,988 + 274,85 = 622,83 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}} = 376,775 + 77,3 = 454,07 \text{ руб.}$$

где $P_{\text{цех}}$ - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.

Цеховые (общепроизводственные) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению цехом и его обслуживанию.

$$P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн.}} = 2,5 \cdot 109,94 = 274,85 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{цех.}} = k_{\text{цех.}} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн.}} = 2,5 \cdot 30,92 = 77,3 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{цех}}$ - коэффициент общепроизводственных расходов, принимаем = 2,5.

Производственная (общезаводская) себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}} = 622,83 + 197,89 = 820,72 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}} = 454,07 + 55,65 = 509,72 \text{ руб.}$$

где $P_{\text{произв.}}$ - общехозяйственные (общезаводские) расходы, руб.

Общехозяйственные (общезаводские) расходы относятся к косвенным затратам на изготовление продукции, это накладные расходы по управлению производством продукции на предприятии и обслуживанию предприятия.

$$P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн.}} = 1,8 \cdot 109,94 = 197,89 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{произв.}} = k_{\text{произв.}} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн.}} = 1,8 \cdot 30,92 = 55,65 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{произв.}}$ - коэффициент общехозяйственных расходов, принимаем = 1,8.

Если рассматриваемое изделие представляет собой узел, который входит в состав более крупного изделия, расчет себестоимости заканчиваем производственной себестоимостью.

Если рассматриваемое изделие представляет собой законченное изделие, готовое для продажи, то рассчитываем полную себестоимость, в которую входят расходы, связанные с реализацией готовой продукции.

Полная себестоимость изготовления изделия

$$C_{\text{полн.}} = C_{\text{произв.}} + P_{\text{вн.}} = 820,72 + 41,1 = 861,82 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{полн.}} = C_{\text{произв.}} + P_{\text{вн.}} = 509,72 + 25,4 = 535,12 \text{ руб.}$$

где $P_{\text{вн.}}$ - сумма внепроизводственных расходов, руб.

Внепроизводственные расходы – это расходы, связанные с реализацией изготовленной продукции.

$$P_{\text{вн.}} = k_{\text{вн.}} \cdot C_{\text{произв.}} = 0,05 \cdot 820,72 = 41,1 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{вн.}} = k_{\text{вн.}} \cdot C_{\text{произв.}} = 0,05 \cdot 509,72 = 25,4 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{вн.}}$ - коэффициент внепроизводственных расходов, принимаем = 0,05.

Составление калькуляции себестоимости сварки изделия

На основании произведенных расчетов составляем калькуляцию себестоимости изделия.

В процессе калькулирования все издержки производства группируем по статьям затрат.

Таблица 9.4 — Калькуляция себестоимости сварки секторов отвода

Наименование статей затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на вспомогательные материалы:	161	310,2
- сварочные электроды	161	
- сварочная проволока		171,6
- флюс		138,6
Затраты на электрическую энергию	8,7	6,4
Затраты на содержание и эксплуатацию:		
- технологического оборудования	9,82	13,41
- сборочно-сварочных приспособлений	0,01	0,008
- рабочего инструмента	0,08	0,02
- производственных площадей	0,368	0,315
Затраты на основную заработную плату основных производственных рабочих	123,1	34,01
Затраты на дополнительную заработную плату основных производственных рабочих	13,19	3,09
Отчисления на социальные нужды	45	12,44
Технологическая себестоимость изделия	347,988	376,775
Общепроизводственные (цеховые) расходы	274,85	77,3
Цеховая себестоимость изделия	622,83	454,07
Общехозяйственные (общезаводские) расходы	197,89	55,65
Производственная себестоимость изделия	820,72	509,72
Внепроизводственные расходы	41,1	25,4
Полная себестоимость изделия	861,82	535,12

$$\Delta C_{\text{полн.}} = \frac{C_{\text{полн.}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн.}}^{\text{проект.}}}{C_{\text{полн.}}^{\text{баз}}} \cdot 100\% = \frac{861,82 - 535,12}{861,82} \cdot 100\% = 37,9\% ;$$

где $C_{\text{полн.}}^{\text{баз}}$ - полная себестоимость изделия по базовому варианту, руб.;

$C_{\text{полн.}}^{\text{пр}}$ - полная себестоимость изделия по проектному варианту, руб.

9.6 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта

Годовой экономический эффект

от внедрения в технологический процесс нового оборудования

Рассчитываем по формуле:

$$E_{\text{н}} = [(C_{\text{полн.}}^{\text{баз}} + E_{\text{н}} \cdot C_{\text{полн.}}^{\text{пр}}) - (C_{\text{полн.}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot C_{\text{полн.}}^{\text{баз}})] \cdot Q$$

$$= [(861,82 + 0,33 \cdot 10,98) - (535,12 + 0,33 \cdot 25,55)] \cdot 10000 = 3218900 \text{ руб.}$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности. В сварочном производстве $E_{\text{н}} = 0,33$;

$C_{\text{полн.}}^{\text{баз}}$ и $C_{\text{полн.}}^{\text{пр}}$ – полная себестоимость продукции (базовая и проектная), т.е. до и после внедрения нового оборудования, руб.

Расчет ожидаемой прибыли от снижения себестоимости

изготовления продукции

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости продукции (условно-годовая экономия) рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{пр}} = (C_{\text{полн.}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн.}}^{\text{пр}}) \cdot Q$$

$$= (861,82 - 535,12) \cdot 10000 = 3267000 \text{ руб.}$$

Если изделие с применением данной технологии изготавливается полностью и готово для продажи потребителю, то необходимо рассчитать налог на прибыль по формуле:

$$H_{np} = Pr_{ож} \cdot k_{нал} = 3267000 \cdot 0,24 = 784080 \text{ руб.}$$

где $k_{нал}$ – коэффициент налогообложения на прибыль (принимается = 0,24).

Чистая прибыль от снижения себестоимости продукции рассчитывается по формуле:

$$Pr_{чист} = Pr_{ож} - H_{np} = 3267000 - 784080 = 2482920 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений

Срок окупаемости капитальных вложений рассчитывается в том случае, если выполняется неравенство:

$$K_{уд}^{баз} < K_{уд}^{пр}, \text{ (т.е. проектный вариант является более капиталоемким).}$$

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{пр}}{Pr_{чист}} = \frac{255521,21}{2482920} = 0,5 \text{ года.}$$

Расчетный срок окупаемости ($T_{ок}$) округляем до ближайшего большего целого числа (при малых значениях до 0,5) и получаем принятый срок окупаемости, который в дальнейшем будем рассматривать как горизонт расчета окупаемости капитальных вложений.

В машиностроении $T_{ок}$ не должно превышать 4 года, в противном случае, мероприятие по внедрению новой техники (нового оборудования) считается неэффективным.

Эффективность затраченных на внедряемое мероприятие средств можно определить, рассчитав коэффициент сравнительной экономической эффективности ($E_{ср}$).

Данный коэффициент является величиной обратной сроку окупаемости капитальных вложений:

$$E_{cp} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{0,5} = 2$$

Выполняется неравенство $E_{cp} > E_n$, следовательно внедряемое мероприятие эффективно.

9.7 Расчет снижения трудоемкости и повышения производительности труда в проектном варианте изготовления изделия

Проведенные расчеты показали, что изменение технологического процесса сварки изделия привело к снижению трудоемкости выполнения работ. Для определения эффективности более производительного процесса необходимо определить величину снижения трудоемкости ($\Delta t_{шт}$).

Расчет производим по формуле:

$$\Delta t_{шт.} = \frac{t_{шт.}^{баз} - t_{шт.}^{пр}}{t_{шт.}^{баз}} \cdot 100\% = \frac{98 - 27}{98} \cdot 100\% = 72,44\%$$

где $t_{шт.}^{баз}$ – штучное время изготовления изделия по базовому варианту, мин;

$t_{шт.}^{пр}$ – штучное время изготовления изделия по проектному варианту, мин.

При снижении трудоемкости изготовления изделия на некоторую величину, обязательно происходит повышение уровня производительности труда на несколько большую величину, поскольку трудоемкость изготовления продукции и уровень производительности труда являются величинами обратными, но не пропорциональными.

Поэтому, исходя из значения величины снижения трудоемкости изготовления изделия, рассчитываем повышение производительности труда ($\square ПТ$):

$$\Delta \text{ ПП} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} (\%) = \frac{100 \cdot (72,44)}{100 - 72,44} = 262,8\%$$

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

Замена технологии сварки секторов колен позволила снизить себестоимость техпроцесса на 37,9%, снизить трудоемкость на 72,44% и повысить производительность на 262,8%. Чистая прибыль от снижения себестоимости составила 2482920 руб., и годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования составил 3267000 руб. Срок окупаемости капитальных вложений в новое оборудование составляет 0,5 года. Коэффициент сравнительной экономической эффективности больше нормативного, значит мероприятие эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приведен анализ способов сварки, из которого для изготовления отводов выбран способ автоматической сварки под слоем флюса, т.к. данный способ сварки является наиболее высокопроизводительным, менее трудоемким.
2. Выбрано высокопроизводительное оборудование для сборки секторов отводов.
3. Разработан технологический процесс сборки и сварки секторов отводов.
4. Обнаружены вредные и опасные производственные факторы, выявлены способы их устранения и уменьшения. Выявлено отрицательное влияние на окружающую среду и нормы соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.
5. Замена технологии сварки секторов колен позволила снизить себестоимость техпроцесса на 37,9%, снизить трудоемкость на 72,44% и повысить производительность на 262,8%. Чистая прибыль от снижения себестоимости составила 2482920 руб., и годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования составил 3267000 руб. Срок окупаемости капитальных вложений в новое оборудование составляет 0,5 года. Коэффициент сравнительной экономической эффективности больше нормативного, значит мероприятие эффективно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Акулова, А.Г. Сварка в машиностроении: Справочник. Часть 2. – М.:Машиностроение, 1979г. – 104 с.
- [2] Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.
- [3] Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
- [4] Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
- [5] Козулин М.Г. Конструирование приспособлений для сварочного производства: учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 81с.
- [6] Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. вузов / Б. С. Балакшин. – 3-е изд., доп. – М. : Машиностроение, 1969. – 559 с.
- [7] Балакшин, Б. С. Теория и практика технологии машиностроения. В 2 кн. / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1982 – Кн. 2 : Основы технологии машиностроения. – 367 с.
- [8] Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учебник / И. М. Колесов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 1999. – 591 с.
- [9] Суслов, А. Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2002. – 684 с.

- [10] Авраменко, В. Е. Проектирование технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах : учеб. пос. / В. Е. Авраменко ; Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск, 1995. – 83 с.
- [11] Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Нормирование сборочных операций : метод. указ. по курсовому проектированию для студ. спец. 0501 / В. Е. Авраменко ; Краснояр. политехн. ин-т. – Красноярск : КрПИ, 1988. – 48 с.
- [12] Краснопевцева И.В Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В.Краснопевцева – Тольятти, 2015, – С.21
- [13] Горина Л.Н Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] уч.-метод. пособие. / Л.Н Горина., М.И. Фесина- Тольятти, 2016, – 36с.
- [14] Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст] учеб. метод. пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, – С.135
- [15] ОСТ 34.10.752-97 Отводы сварные секторные
- [16] СНиП 3.05.05-84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы
- [17] ПОТ РМ 020-2001. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах[Текст]. – Спб.: ЦОТПБСП, 2002. – 38 с.
- [18] ГОСТ 12.4.051-87. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний[Текст].
- [19] СН-245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий[Текст].

[20] ПОТ РО 14000-001-98. Правила по охране труда на предприятиях и организациях машиностроения [Текст].