

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»

**Разработка технологии сборки и автоматической сварки балки
коробчатого сечения**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном произ-
водстве
Идентификационный код ВКР: 774

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический университет»

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой _____
_____ Б.Н.Гузанов
« ____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии сборки и автоматической сварки балки коробчатого сечения

Идентификационный код ВКР: 774

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-405С

С.С.Ахрамеев

Руководитель:
доц., канд. пед. наук

М.А.Федулова

Нормоконтролер:
доц., канд. техн. наук

Д.Х.Билалов

Екатеринбург 2019

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 61 страницах, содержит 8 рисунков, 18 таблиц, 24 источников литературы.

Ключевые слова: БАЛКА КОРОбЧАТОГО СЕЧЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, РЕЖИМЫ СВАРКИ, ЗАЩИТНАЯ ГАЗОВАЯ СМЕСЬ, ПЕРЕПОДГОТОВКА РАБОЧИХ ПО ПРОФЕССИИ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

Ахрамеев, С.С. Разработка технологии сборки и автоматической сварки балки коробчатого сечения: выпускная квалификационная работа / С.С.Ахрамеев; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т Инж.-пед. образования, Каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 61 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии сборки и автоматической сварки балки коробчатого сечения».

2. Цель работы: разработать технологию сборки и сварки коробчатой балки с применением современного высокотехнологичного оборудования.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы изучена технология проектирования коробчатых балок в условиях современных предприятий, выбран конструкционный материал, предложена технология автоматической сварки в среде защитных газов, рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное и сборочное оборудование, обоснованы методы контроля сварных соединений.

4. Результаты данной работы могут быть использованы на промышленных предприятиях при осуществлении проектирования конструкций типа «коробчатая балка».

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						3
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Технологическая часть.....	7
1.1 Характеристика изделия.....	7
1.2 Характеристика материала изделия	8
1.3 Выбор способа сварки	13
1.3.1 Автоматическая сварка под слоем флюса	13
1.3.2 Автоматическая сварка в среде защитных газов	16
1.4 Описание и выбор сварочных материалов	18
1.4.1 Выбор сварочной проволоки.....	18
1.4.2 Выбор защитного газа.....	19
1.5 Расчет режимов автоматической сварки в среде защитного газа	20
1.6 Технология сборки и сварки коробчатой балки.....	28
1.6 Контроль качества сварных соединений	38
1.7 Описание технологического процесса изготовления заданной сварной конструкции.....	39
2 Методический раздел.....	41
2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	42
2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».....	47
2.3 Разработка тематического плана предмета «Спецтехнология»	49
2.4 Разработка плана урока теоретического обучения по предмету «Спецтехнологии».....	49
Заключение	57
Список использованных источников	58
Приложение А	61

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.774 ПЗ

ВВЕДЕНИЕ

Большие перспективы в развитии сварочного производства открывает автоматизация и механизация процессов сварки. В решении задач автоматизации необходим комплексный подход к проблеме. Это означает, что подлинный процесс сварочного производства возможен только в том случае, если будет решен весь комплекс задач по автоматизации основных, заготовительных, транспортных и отделочных операций.

При внедрении на сборочно-сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, удобных для рабочих приспособлений, увеличивается производительность труда и качество продукции, а также сокращается количество персонала, необходимого для обслуживания.

Для успешного развития сварочного производства необходимо ускорить создание совершенных систем автоматического управления сварочным оборудованием, основанных на применении автоматических и поточных линий высокопроизводительных сварочных машин и оборудования.

Целью моего дипломного проекта является создание производства коробчатой балки с более высоким уровнем механизации и автоматизации по сравнению с базовым вариантом изготовления вручную.

Объектом разработки является технология изготовления коробчатой балки.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки коробчатой балки.

Для успешного достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить характеристики материала изделия с учетом свариваемости и физико-механических свойств.
2. Проанализировать условия эксплуатации конструкции.
3. Обосновать выбор способа сварки изделия и сварочных материалов;

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.774 ПЗ

4. Разработать технологию сборки и сварки указанного изделия;
5. Выбрать соответствующее механическое и сварочное оборудование для разработанного варианта технологии;
6. Разработать программу переподготовки электросварщиков.

В процессе разработки дипломного проекта будут использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1 Технологическая часть

1.1 Характеристика изделия

Коробчатая балка — один из несущих элементов металлоконструкций. Она представляет собой профиль прямоугольного сечения, сваренный из четырех прямоугольных пластин.

В машиностроении балки являются основными элементами рамных конструкций (вагонов, автомобилей, экскаваторов, сельскохозяйственных машин и фундаментных рам). В строительстве балки являются элементами кранов, перекрытий мостов и других сооружений. Балки предназначены для работы на открытом воздухе при температуре окружающей среды от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Основные параметры коробчатой балки:

Толщина стенки – 8 мм

Длина – 6000 мм

Высота балки – 300 мм

Ширина балки – 200 мм

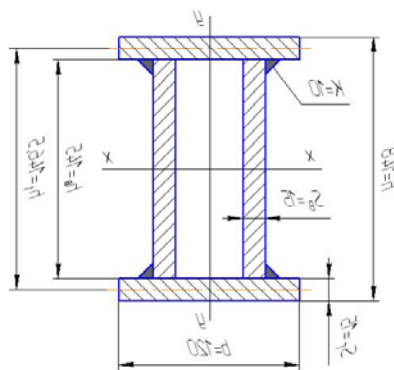


Рис. 1. Технологическая часть балки

Рисунок 1 – Коробчатая балка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

7

Таблица 1 - Обозначение сварных швов

№	ГОСТ	Способ сварки	Шов	Примечание
1	14771-76	ИП	Т1	
2				

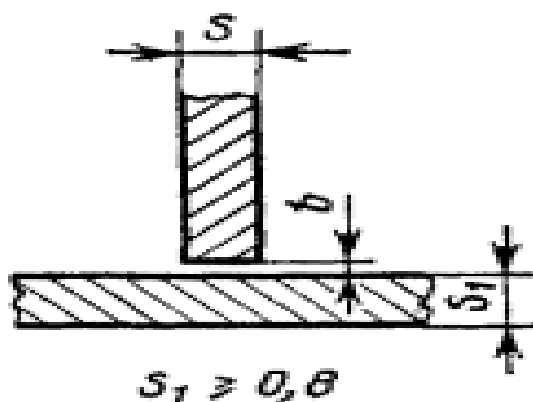


Рисунок 2 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей соединение Т1 по ГОСТ 14771-76

1.2 Характеристика материала изделия

Для изготовления коробчатой балки используем низкоуглеродистая сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – 2014. Сталь поставляется в листах в термообработанном состоянии. Сталь 09Г2С широко используется при изготовлении сварных металлоконструкций, несущих балок и т.п. при температурах от - 70° до + 425°С [2]. Химический состав стали 09Г2С представлен в таблице 2, механические свойства представлены в таблицах 3-4.

Требование к материалу для изготовления коробчатых балок [3]:

- металл, предназначенный для изготовления металлоконструкций, не должен иметь трещин, закатов, расслоений, пузырей, неметаллических включений и других дефектов, влияющих на его прочность и плотность. Качество листовой стали должно удовлетворять требованиям ТУ 302. 02. 122, сортовой стали ГОСТ 19 281-2014

- не допускается зачистка поверхности дефектов на глубину, выводящую толщину проката за предельные отклонения.

– на листах, принятых к изготовлению обечаек и днищ, должна быть сохранена маркировка металла, содержащая марку стали и номер партии.

Таблица 2 – Химический состав стали 09Г2С

Марка стали	Содержание элементов в %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N
Ст. 09Г2С	0,12	1,30 – 1,70	0,50 – 0,80	0,030	0,035	0,30	0,30	0,30	0,008

Таблица 3 – Механические свойства стали 09Г2С

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	δ_4 , %
Сортовой и фасованный прокат	<10	345	490	21	
Листы и полосы	10 – 20	325	470	21	
Листы и полосы	20 – 32	305	460	21	
Листы и полосы	32 – 60	285	450	21	
Листы и полосы	60 – 80	275	440	21	
Листы и полосы	80 – 160	265	430	21	
Листы после закалки, отпуска	10 – 32	365	490	19	
Листы после закалки, отпуска	32 – 60	315	450	21	
Листы горячекатаные	2 – 3,9		490		17

Таблица 4 – Механические свойства стали 09Г2С при повышенных температурах

Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %
Нормализация 930 - 950°С				
20	300	460	31	63
300	220	420	25	56
475	180	180	34	67

Общие сведения о свариваемости

Выделяют довольно большое количество параметров, которые определяют основные свойства металла. Среди них выделяют показатель свариваемости. На сегодняшний день сварка стали проводится крайне часто. Подобный способ соединения металлов и других материалов характеризуется высокой эффективностью, так сварной шов может выдерживать большую нагрузку. При плохом показателе провести подобную работу сложно, в некоторых случаях даже невозможно. Все металлы разделяются на несколько групп.

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Физическая свариваемость металлов – свойство материалов давать монолитное соединение, т.е. способность их к взаимной кристаллизации с образованием твердых растворов, химических соединений и мелкодисперсных смесей фазовых составляющих (эвтектик). Эти процессы происходят на границе основного и наплавленного металла и характеризуют свариваемость с точки зрения возможности образования металлической связи и принципиальной возможности получения неразъемных сварных соединений.

Технологическая свариваемость металлов – технологическая характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать неразъемное сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами с наименьшими затратами. То есть она отражает технологическую реакцию материала на тепловое, силовое и металлургическое воздействие сварки.

Свариваемость металла зависит от его химических и физических свойств, типа кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и ряда других факторов.

Свариваемость сталей оценивается по следующим показателям:

- склонность металла шва к образованию горячих и холодных трещин;
- склонность к изменению структуры в околошовной зоне и к образованию закалочных структур;
- физико-механические качества сварного соединения (прочность, пластичность, ударная вязкость и т.п.);
- соответствие специальных свойств сварного соединения требованиям технических условий на конструкцию (коррозионная стойкость, жаростойкость, жаропрочность, сопротивление хрупкому разрушению при низких температурах и т.п.).

Особенность сварки низколегированных сталей

Особенности сварки среднелегированных сталей. В зависимости от типа конструкции и ее назначения к сварным соединениям из среднелегированных сталей предъявляются требования необходимой и достаточной прочности в

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

условиях эксплуатации, плотности, а также некоторые специальные требования (коррозионная стойкость, стойкость против взрывных нагрузок и т. п.). В связи с особыми физико-химическими свойствами среднелегированных сталей выполнение этих требований является достаточно сложной задачей. Восприимчивость среднелегированных сталей к закалке, а также высокий уровень механических свойств обуславливают ряд специфических трудностей, возникающих при их сварке.

Горячие холодные трещины

Первой трудностью, наблюдающейся при сварке среднелегированных сталей, особенно с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов, является предупреждение возникновения холодных трещин в околошовной зоне и в металле шва. Низкая сопротивляемость околошовной зоны среднелегированных сталей образованию холодных трещин определяется особенностями происходящих в них структурных превращений, обусловленных концентрированным местным нагревом металла вплоть до температур плавления, а также резким отличием в некоторых сварных соединениях химического состава металла шва от состава околошовной зоны.

Второй трудностью сварки среднелегированных сталей является предупреждение возникновения кристаллизационных трещин в металле шва. Методы предупреждения кристаллизационных трещин при сварке среднелегированных сталей мало отличаются от применяющихся при сварке углеродистых сталей. Для этого снижают содержание в шве серы, углерода и других элементов, уменьшающих стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин, и повышают содержание таких элементов, как марганец, хром и др., увеличивающих стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин.

Сталь 09Г2С – низкоуглеродистая низколегированная конструкционная сталь хорошо свариваемая (обладает хорошей физической и технологической свариваемостью), хорошими прочностными свойствами: предел прочности при

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

растяжении $\sigma_B = 500$ МПа; предел текучести $\sigma_T = 350$ МПа; относительное удлинение $\delta \geq 20\%$.

Суммарное содержание легирующих элементов в низколегированных сталях не превышает 4,0%, что обуславливает их относительно низкую стоимость и хорошие прочностные свойства. Наличие марганца в стали повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость.

Сопротивляемость образованию холодных трещин

Низкое содержание углерода в металле швов обеспечивает необходимую стойкость против образования горячих трещин.

Убедиться в этом помогает расчет эквивалентного содержания углерода:

$$C_{\text{эkv}} = C + 2S + \frac{P}{3} + \frac{Si - 0,4}{7} + \frac{Mn - 0,8}{8} + \frac{Ni}{8} + \frac{Cr - 0,8}{10} < 0,4 \quad (1)$$

Подставим значения в формулу 1 и рассчитываем эквивалентное содержание углерода стали 09Г2С:

$$C_{\text{эkv}} = 0,12 + 2 \cdot 0,035 + \frac{0,03}{3} + \frac{0,5 - 0,4}{7} + \frac{1,3 - 0,8}{8} + \frac{0,3}{8} + \frac{0,3 - 0,8}{10} = 0,23\% \leq 0,4\%$$

т. к. $C_{\text{эkv}}$ стали 09Г2С = 0,23, что меньше 0,4, следовательно, данная сталь не склонна к образованию холодных трещин.

Сталь 09Г2С относится к группе свариваемости – хорошо свариваемая. Она имеет благоприятные показатели свариваемости и при соблюдении определенных условий может быть сварена всеми видами сварки, имеющими промышленное значение. При этом сварные швы обладают необходимой стойкостью против образования кристаллизационных трещин, вследствие пониженного содержания углерода. Образование кристаллизационных трещин возможно лишь в случае неблагоприятной формы провара, например в угловых швах, в первом слое многослойного шва, односторонних швах с полным проваром кромок.

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заменители данной стали: 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С.

Сталь 09Г2С относится к группе не закаливающихся сталей, не склонных к перегреву и образованию трещин. Стали данной группы свариваются без особых ограничений, независимо от толщины металла, температуры окружающего воздуха и жесткости изделия, в широком интервале режимов сварки.

Вывод: сталь 0Г2С относится хорошо свариваемым сталям и не склонна к образованию холодных трещин благодаря низкому содержанию углерода, и хорошо подходит для изготовления выбранного изделия.

1.3 Выбор способа сварки

1.3.1 Автоматическая сварка под слоем флюса

Особенностью этого способа сварки является то, что сварочная дуга горит не на открытом воздухе, а под слоем флюса, как показано на рисунке 3.

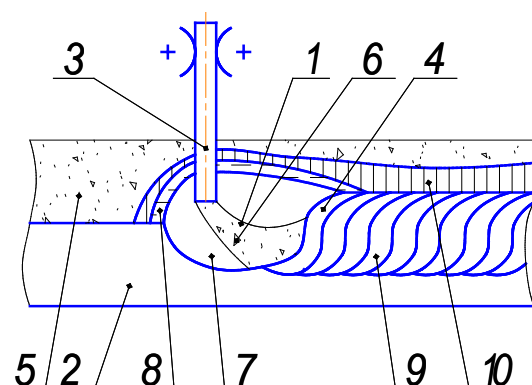


Рисунок 3 – Автоматическая сварка под слоем флюса

Под действием тепла дуги 1 расплавляется основной металл 2, электродная проволока 3 и часть флюса 5, непосредственно прилегающая к зоне сварки. Электродная проволока подается в зону сварки со скоростью ее плавления и переходит в сварочную ванну 4 в виде капель 6. Расплавленный флюс образует плотную эластичную оболочку – газовый пузырь 7, созданный слоем жидкого флюса 8. Внутри газового пузыря создается избыточное давление паров, которое

и удерживает жидкий флюс и оттесняет часть расплавленного металла в противоположенном относительно направления сварки. После кристаллизации сварочной ванны образуется сварной шов 9, покрытый шлаковой коркой 10.

Высокая производительность при сварке под слоем флюса достигается за счет использования больших токов и высоких плотностей тока в электроде. Благодаря плотному слою флюса, окружающему зону сварки, высокие значения сварочного тока и плотностей тока, потери электродного металла на разбрызгивание и угар не составляют, а так же не ухудшают условия формирования шва, кроме того предотвращается выдувание жидкого металла из сварочной ванны. Это позволяет производить сварку металла без разделки кромок на высоких скоростях. Основное назначение флюса – защита сварочной ванны от вредного воздействия кислорода и азота атмосферы.

Для сварки низкоуглеродистых, низколегированных сталей в настоящее время применяют флюсы АН-17, АН-15, АН-42. Электродную проволоку выбирают по марке свариваемого металла.

Сварку под слоем флюса можно выполнять как на переменном так и на постоянном токе. При сварке постоянном токе на процесс обычно ведут на обратной полярности. Существенным недостатком сварки под слоем флюса является возможность ее выполнения только в нижнем положении, т.к. при наклоне даже на 15° флюс сыпается, а так же стекает жидкий металл.

Автоматическая сварка под слоем флюса получила широкое распространение благодаря высокой производительности процесса.

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;

- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
- малые затраты на подготовку кадров;
- отсутствует влияния субъективного фактора.

Недостатки способа:

- трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- неблагоприятное воздействие на оператора;
- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

Области применения:

- сварка в цеховых и монтажных условиях
- сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более;
- сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.
- пути повышения производительности:
 - сварка (наплавка) независимой дугой, горящей между двумя электродами (к изделию ток не подводят); при большом расстоянии от дуги до поверхности изделия основной металл вообще не проплавляется.
 - сварка трёхфазной дугой, при которой глубина проплавления зависит от соотношения токов в дугах, горящих между электродами и изделием.
 - сварка разнородными дугами. Питание дуги между электродами и изделием осуществляется при этом постоянным током, а дуги между электродами - переменным током.
 - однофазная двухэлектродная наплавка, основанная на питании электродов и изделия от концов и середины вторичной обмотки сварочного трансформатора.

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

В качестве защитного газа применяется углекислый газ. Для уменьшения потерь на разбрызгивание применяют смесь аргона (до 80%) и углекислого газа (до 20%).

Сварку выполняют проволокой Св-08Г2С диаметром 1,6 мм. Структура и свойства металла шва и околошовной зоны зависят от марки использованной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки.

На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в швах могут образовываться поры. Сварка в углекислом газе менее чувствительна к отрицательному влиянию ржавчины.

Оптимальное расстояние от сопла горелки до изделия лежит в пределах 15-25 мм. Если вылет электрода больше, то может нарушиться газовая защита сварочной ванны. При меньшем вылете электрода быстро изнашивается токоподводящий мундштук и ухудшаются условия формирования шва.

Недостатками данного способа сварки являются:

- дефицитность и высокая стоимость инертных защитных газов;
- необходимость защиты сварщика от светового и теплового излучения.

Достоинства способа:

Основные преимущества сварки в среде защитных газов (по сравнению со сваркой под флюсом и сваркой электродами):

- повышенная степень защиты металлов от окисления на открытом воздухе;
- удобство в использовании данного типа сварочного аппарата при работе в различных пространственных положениях;
- при использовании в качестве защиты смеси газов каргон-20, на поверхности сварочного шва не возникает шлаковых включений и оксидов;
- при использовании сварки в среде защитных газов возможно наблюдение за процессом формирования сварочного шва и его регулирование;

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

– большая производительность и эффективность, чем при использовании дуговой сварки;

– низкое разбрызгивание присадочного металла в смеси газов каргон-20.

Области применения:

Область применения сварки в среде защитных газов чрезвычайно широка. Её используют для соединения узлов летательных аппаратов, трубопроводов, для сварки тугоплавких (титана, ниобия и т.п.) и цветных металлов (алюминий, медь).

Из проведенного выше анализа и экономических соображений для сварки коробчатой балки выбираем сварку в среде защитных газов.

1.4 Описание и выбор сварочных материалов

1.4.1 Выбор сварочной проволоки

Химический состав и свойства металла шва при сварке в защитных газах определяется в первую очередь составом электродной проволоки. Для сварки в смеси газов аргон и углекислый газ используют проволоку из легированной стали, которая в своем составе содержит повышенное количество раскислителей и минимальное количество серы и фосфора.

Химический состав проволоки должен соответствовать химическому составу основного металла, а ее механические свойства должны быть не ниже предела механических свойств основного металла.

Исходя из вышесказанного, для сварки рамки применяется сварочная проволока Св-08ГС, поставляемая по ГОСТ 2246–70. Химический состав проволоки Св-08Г2С приведен в таблице 5.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

Таблица 5- Химический состав проволоки Св-08Г2С

Марка проволоки	Соотношение химических элементов в составе материала, %									
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Мель	Сер	Фосфор	Молибден	Азот
Св08Г2С	0,05 - 0,11	1,80 - 2,10	0,7- 0,95	0,20	0,25	0,20	0,010	0,015	0,15	0,008

Таблица 6 - Механические характеристики сварочной проволоки Св08Г2С

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Удлинение относительное, %	Вязкость ударная, Дж/см ²
450	550	30	70

1.4.2 Выбор защитного газа

Для проведения большинства электросварочных работ на сегодняшний день требуется применение сварочной смеси, цена которой лишь немного превышает традиционную среду защитных газов. Наилучшей считается сварочная смесь в баллонах, на основе аргона. Такая сварочная смесь в баллонах состоит на 82% из аргона и на 18% из углекислого газа. Использование сварочных смесей на основе аргона вместо традиционной углекислоты, позволит существенно повысить качество сварки без модернизации оборудования и изменения технологий.

Преимущества сварочной смеси в баллонах.

Преимущества сварочной смеси в баллонах, основу которой составляет аргон, очевидны:

- производительность сварки за единицу времени гораздо больше, в сравнении с традиционной сваркой;
- потери электродного металла на разбрызгивание снижаются на 80%;
- количество прилипания брызг в районе сварного шва снижается, вследствие чего уменьшается трудоемкость их удаления;

- увеличивается глубина провара шва, что приводит к большей прочности конструкций;
- повышается стабильность процесса сварки;
- качество сварного шва приводит к снижению пористости металла и уменьшению неметаллических включений;
- улучшаются условия труда;
- сохраняется здоровье сварщика.

В качестве защитной среды используем смесь $82\%Ar+18\%CO_2$.

1.5 Расчет режимов автоматической сварки в среде защитного газа

Режимом сварки называют совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных соединений заданных размеров, формы и качества.

Основными параметрами режима автоматической сварки в среде защитного газа сварочной проволокой являются:

- сила сварочного тока, $I_{св}$;
- напряжение на дуге $U_{д}$;
- скорость подачи электродной проволоки, $V_{пш}$;
- скорость сварки, $V_{св}$;
- диаметр сварочной проволоки, $d_{пр}$;

Параметры режима сварки должны обеспечивать устойчивость процесса, необходимое проплавление сварочного металла и оптимальную скорость сварки [8].

Расчет режимов автоматической сварки таврового сварного соединения ГОСТ 14771-76 – Т1

В процессе изготовления коробчатой балки нами будет использована механизированная (полуавтоматическая и автоматическая) сварка в среде защитных газов. Прихватки и непротяженные швы будем сваривать полуавтоматической сваркой, режимы которой подберем, опираясь на справочную литературу [].

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Более протяженные швы будем сваривать с использованием автоматической сварки в среде защитных газов. Для выбора сварочного оборудования проведем расчеты режимов автоматической сварки таврового соединения в соответствии с ГОСТ 14771-76. Схема таврового сварного соединения Т1 по ГОСТ 14771-76 приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Тавровое сварное соединение Т1 по ГОСТ 14771-76 [15]

Форма кромок	Сварное соединение
	
S, мм	8
S ₁ , мм	8
b, мм	1
Минимальное значение катета, мм	8

Исходные данные таврового сварного соединения Т1 по ГОСТ 14771-76:

S (толщина металла) = 8 мм;

b (величина зазора) = 1;

S₁ (толщина металла) = 8 мм;

K_т (катет шва) = 8 мм, т.к. в угловых и тавровых соединениях, где размеры шва могут быть произвольными, катет шва делают равным толщине S свариваемых материалов [10].

Для тавровых соединений площадь поперечного сечения шва F_н, мм² определяется по формуле [8]:

$$F_n = 0,5 \cdot K^2 + 1,05 \cdot K, \quad (6)$$

где F_н – площадь поперечного сечения шва, мм²;

K – катет шва, мм; K = 8 мм.

Рассчитываем F_H по формуле (6):

$$F_H = 0,5 \cdot 8^2 + 1,05 \cdot 8 = 40,5 \text{ мм}^2$$

Форма и геометрические размеры шва определяются параметрами:

- глубиной проплавления h ,
- шириной шва e ,
- полной высотой шва H ,
- высотой усиления g ,

площадями:

- поперечного сечения наплавленного электродного металла F_H ,
- переплавленного основного металла F_o ,
- сварного шва $F_{ш}$ и др. в соответствии с ГОСТ 14771 – 76 [8].

Основными параметрами автоматической сварки в смеси газов $Ar + CO_2$ являются:

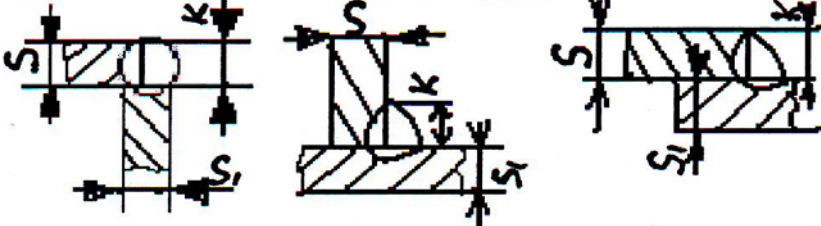
- диаметр электродной проволоки $d_э$,
- сварочный ток $I_{св}$,
- плотность тока j ,
- напряжение на дуге U_d ,
- скорость сварки $V_{св}$,
- скорость подачи электродной проволоки $V_{пш}$,
- расход смеси газов Q_g .

Определение диаметра электродной проволоки

Диаметр электродной проволоки $d_э$ зависит от толщины металла S и глубины проплавления h . Однако глубина проплавления зависит от величины зазора между кромками, формами подготовки кромок. Чтобы учесть эти факторы, вводим расчетную глубину проплавления h которую можно определить по таблице 8.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Таблица 8 – Определение расчетной глубины проплавления при механизированной сварке

Вариант	Эскиз шва и формы подготовки кромок	Формула для определения расчетной глубины проплавления
6		$h_p = (0,7 \dots 1,1)K,$ $K \leq 1,2S$

Для однопроходного таврового шва глубина провара h , мм выбирается из условия

$$h = (0,7 \div 1,1) \cdot K, \quad (7)$$

где h – глубина провара, мм;

K – катет шва, мм;

$S = 8$ мм.

В угловых и тавровых соединениях, где размеры шва могут быть произвольными, катет шва делают равным толщине S свариваемых материалов. Принимаем $K = 8$ мм.

Подставив значение K в формулу 7, получим:

$$h = (0,7 \div 1,1) \cdot 8 = (5,6 \div 8,8) \text{ мм}$$

Математическая обработка практических рекомендаций дает выражение для расчета диаметра проволоки, мм:

$$d_{\text{э.}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05h_p, \quad (8)$$

$$d_{\text{э.}} = \sqrt[4]{(5,6 \div 8,8)} \pm 0,05 = 1,53 \div 1,72 \pm 0,05 \text{ мм}$$

Предельные отклонения $d_{э}$, ограничиваются способом сварки по уровню автоматизации и положением шва, согласно таблице 8. Полученный расчетным путем $d_{э..}$ округляем до ближайшего стандартного: $d_{э..} = 1,6\text{мм}$.

Таблица 9 – Ограничения диаметра электродной проволоки при сварке в среде защитных газов [9]

Положение шва	Диаметр электродной проволоки (мм) при сварке	
	механизированной	автоматической
«Лодочка», нижнее	0,8...2	0,8...2,0
Вертикальное	$\leq 1,2...1,4$	–
Горизонтальное, потолочное	$\leq 1,2$	–

Расчет сварочного тока, А, при сварке проволокой сплошного сечения производится по формуле:

$$I_{св} = \frac{h}{Kp} \quad (9)$$

где j - плотность тока в электродной проволоке, А/мм^2 . При сварке в CO_2 рекомендуем $j = 100-160\text{А/мм}^2$;

$d_{э}$ - диаметр электродной проволоки, мм

Подставим данные в формулу 9 и рассчитаем $I_{св}$:

$$I_{св} = \frac{5.6}{1.75} \cdot 100 = 320 \text{ А},$$

Принимаем $I_{св} = 320\text{А}$

Определим напряжение на сварочной дуге $U_{д}$ по формуле:

$$U_{д} = 14 + 0,05 \cdot I_{св} \quad (10)$$

Подставим данные в формулу 10.

$$U_{д} = 14 + 0,05 \cdot 320 = 30\text{В}$$

Скорость сварки V_{CB} рассчитываем по формуле, м/ч

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{100 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (11)$$

Скорость подачи проволоки $V_{ПП}$ рассчитываем по формуле, м/ч

$$V_{ПП} = \frac{4 V_{CB} \cdot F_H}{\pi d_3^2} \quad (12)$$

где I_{CB} – сила сварочного тока, А; $I_{CB} = 320$ А;

γ – плотность металла, г/см³, $\gamma = 7,8$ г/см³;

F_H – площадь наплавленного металла, мм².

α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч, находится по формуле:

$$\alpha_H = \alpha_P \cdot (1 - \psi) \quad (13)$$

где ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. Известно, что при сварке в среде газовой смеси К-18 $\psi = 3,8$ % [11 с. 6 табл. 1];

α_P – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч, рассчитывается по формуле:

$$\alpha_P = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_{CB}}{d_3} \quad (14)$$

Подставим данные в формулу 14.

$$\alpha_P = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{320}{1,6} = 19 \text{ г/А·ч};$$

Подставим полученные данные в формулу 13.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

$$\alpha_{\text{н}} = 19 \cdot (1 - 0,038) = 18,2 \text{ г/А}\cdot\text{ч};$$

Подставим данные в формулу 11 для получения $V_{\text{св}}$.

$$V_{\text{св}} = \frac{18,2 \cdot 320}{100 \cdot 7,8 \cdot 0,4} = 18,7 \text{ м/ч}$$

Принимаем скорость сварки равным 19 м/ч.

Подставим данные в формулу 12 для получения $V_{\text{шт}}$ в тавровых сварных соединениях:

$$V_{\text{шт}} = \frac{4 \cdot 12,44 \cdot 40,5}{3,14 \cdot 1,6^2} = 250 \text{ м/ч}$$

Принимаем скорость подачи сварочной проволоки равной 250 м/ч.

Рассчитаем расход защитного газа по формуле:

Расход защитного газа Ar + CO₂, л/с:

$$Q_{\text{зг}} = 0,0033 \cdot I_{\text{св}}^{0,75} \quad (15)$$

Подставив в формулу 15 значения, получим:

$$Q_{\text{згi}} = 0,0033 \cdot 320^{0,75} = 0,24 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{зг}} = 16,3 \text{ л/мин}$$

Принимаем расход защитной смеси равным 16 л/мин.

Вылет электрода L_3 рассчитывается по формуле:

$$L_3 = 10 \cdot d_3 \quad (16)$$

Подставим данные в формулу 16:

$$L_3 = 10 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Проверяем оптимальность расчетов режимов сварки

Найдем глубину провара h при сварке в смеси защитных газов [1]

$$h = 0,081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_n}} \quad (17)$$

Таким образом, для глубины провара необходимо определить погонную энергию q_n :

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{ц}}{V_{св}} \quad (18)$$

где $\eta_{ц} = 0,7 \div 0,75$ для защитных газов.

Также для глубины провара нужно определить коэффициент формы провара $\psi_{пр}$, который зависит от величины сварочного тока, диаметра электрода и напряжения дуги.

$$\psi_{пр} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \frac{d_{э} U_{д}}{I_{св}} \quad (19)$$

где k' - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Величина коэффициента k' при плотности тока $j < 120 \text{ А/мм}^2$ при сварке постоянным током обратной полярности равен:

$$k' = 0,367 j^{0,1925} \quad (20)$$

Подставим данные в формулу 16 и найдем погонную энергию q_n :

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$q_n = \frac{320 \cdot 30 \cdot 0,75}{18,7} = 385 \text{ Дж/см}$$

Подставим полученные данные в формулу 18 и найдем коэффициент k' :

$$k' = 0,367 \cdot 110^{0,1925} = 0,91$$

Подставим данные в формулу 17 и найдем коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = 0,91 \cdot (19 - 0,01 \cdot 320) \cdot \frac{1,6 \cdot 30}{320} = 2,15$$

По формуле 17 получим глубину провара h :

$$h = 0,081 \sqrt{\frac{540}{2,15}} = 6,9 \text{ мм}$$

Расчетная по режимам сварки глубина провара $h = 6,9$ мм, это в нашем случае оптимально, так как для расчетов была взята величина 7,2 мм.

1.6 Технология сборки и сварки коробчатой балки

В проекте для изготовления крышки люка полувагона используем механизированную сварку в среде защитных газов.

Для сборки данной конструкции используется полуавтоматическая сварка в среде защитных газов, для этого создается сварочный пост, который оснащается сварочным полуавтоматом (источник питания, подающий механизм), сварочной горелкой, газовой аппаратурой и специальными приспособлениями. В качестве сварочного полуавтомата планируем использовать сварочный полуавтомат EWM SATURN 351.

Сварочный полуавтомат EWM SATURN 351

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Для полуавтоматической сварки в смеси Gorgon 18 используем сварочный полуавтомат EWM SATURN 351- это полуавтомат, предназначенный для сварки проволокой в среде защитных газов MIG-MAG сварочным током до 350 А. Данный сварочный полуавтомат представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сварочный полуавтомат EWM SATURN 351

Технические характеристики полуавтомата EWM SATURN 351 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики полуавтомата EWM SATURN 351

Название характеристики	Параметры характеристики
1	2
Напряжение питания (В)	400
Частота (Гц)	50
Потребляемая мощность (кВт)	16,0
Сварочный ток min-max (А)	от 30 до 350
Процент нагрузки (ПН) (%)	45

Окончание таблицы 10

- Регулируемый параметр: скорость подачи проволоки, время гашения дуги, время продувки газа, времена такта и интервала, начальная скорость;
- Бестоковая проверка газа и заправка проволоки;
- Резиновая подкладка для инструмента;
- Универсальный благодаря простому изменению полярности сварочного тока напряжения при сварке порошковой проволокой (опция);
- Защита от перегрева для трансформатора и выпрямителя;
- Гибкость применения благодаря наличию разнообразных принадлежностей, например, устройства дистанционного управления для коррекции подачи проволоки или, например, горелки Push/Pull ("толкай/тяни") и т.д.

Сварочная двухдуговая головка CRC-Evans P 600

Автомат для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа CRC-Evans P600 предназначен для сварки всех слоев шва неповоротных стыковых, нахлесточных, тавровых соединений.

Использование двухдугового автомата позволяет выполнять сварку заполняющих и облицовочного слоев одновременно двумя дугами. Сварка заполняющих слоев обычно выполняется способом 2 слоя за 1 проход. Сварка облицовочного слоя обычно выполняется в 2 валика.

На рисунке 7 представлена сварочная двухдуговая головка CRC-Evans P600.



Рисунок 7 - Сварочная двухдуговая головка CRC-Evans P 600

Преимущества сварочной головки:

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

- возможность сварки плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (GMAW, GMAW-P) проволоками диаметром от 0,9 мм до 1,6 мм;
- цифровой ввод и управление режимами сварки;
- система автоматического слежения за вылетом горелки;
- система автоматического слежения за разделкой;
- возможность ввода режимов в зависимости от пространственного положения на трубе;
- вывод режимов сварки в реальном времени на цифровой дисплей или запись во внутреннюю память с заданным шагом;
- газовый клапан с возможностью подключения 2-х видов защитного газа;
- прочная и надежная конструкция;
- возможность копирования режимов сварки между автоматами;
- защита режимов сварки от изменений цифровым ключом.

В таблице 11 представлена техническая характеристика данной сварочной головки.

Таблица 11 - Технические характеристики сварочной двухдуговой головки CRC-Evans P600

Параметр	Режим
1	2
Ход горелки по вертикальной оси	50,8 мм
Питание головки	36В
Частота колебаний горелки	0 - 220 мин
Амплитуда колебаний горелки	0 - 50,4 мм
Время задержки на кромках	0 - 2,0 сек
Регулировка угла установки горелки	$\pm 10^\circ$
Скорость подачи проволоки	254 - 1588 см/мин
Скорость сварки	0,127 - 1,52 см/мин
Точность датчика пространственного положения головки	± 1
Возможность подключения аккумулятора	24В

Окончание таблицы 11

1	2
Объем охлаждающей жидкости на одну головку	7,87 л
Температура эксплуатации	от - 40°C до + 70°C
Длина	622 мм
Ширина	368 мм
Высота	393 мм
Масса	17,7 кг

Источник питания Fronius TPS 3200

В качестве сварочных источников используются современные цифровые сварочные инверторы Fronius TPS-3200. На 2 сварочные головки необходимо 5 данных источников питания.

Основное назначение: полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей, а также цветных металлов и сплавов в среде защитных газов (MIG/MAG) с возможностью реализации новейших технологических разработок Fronius.

На рисунке 8 изображен источник питания Fronius Транс Стил 3200, от которого питается сварочная головка CRC-Evans P 600.



Рисунок 8 - Сварочный полуавтомат Fronius TPS 3200

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

33

В таблице 12 перечислены технические характеристики данного аппарата.

Таблица 12 – Технические характеристики сварочного полуавтомата Fronius Транс Стил 3200

Параметр	Режим
Диапазон регулировки сварочного тока, А	30-350
Номинальный сварочный ток, А	10
Частота питающей сети, Гц	50/60
Рабочее напряжение, В	14,5-38,8
Напряжение холостого хода, В	60
Напряжение питания, В	3x380
Сварочный ток 10 мин. 40С	60%-300А
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8-1,6
Габариты, мм	706/300/510
Вес, кг	33,7

Дефектоскоп ультразвуковой А1214 expert

Полностью цифровой, малогабаритный ультразвуковой дефектоскоп общего назначения. Обеспечивает реализацию типовых и специализированных методик ультразвукового контроля, высокую производительность и точность измерений.

Назначение:

- контроль сварных швов;
- поиск мест коррозии, трещин, внутренних расслоений и других дефектов;
- определение координат и оценка параметров дефектов типа нарушений сплошности и однородности материала в изделиях из металлов и пластмасс;
- измерение толщины изделия.

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- Большой цветной дисплей с разрешением 640x480 точек;
- Антискользящее прорезиненное покрытие корпуса;
- Диапазон рабочих температур от -30 °С до +50 °С,
- Время непрерывной работы без подзарядки 8-12 часов, в зависимости от яркости экрана;
- Вес дефектоскопа А1214 Эксперт с быстросъемным аккумулятором - 1,9 кг.



Рисунок 9 -Дефектоскоп ультразвуковой А1214 expert

Методика применения ультразвуковой измерительной установки согласована с Госгортехнадзором РФ, имеется соответствующее разрешение. Прибор полностью сертифицирован.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 13 - Технические характеристики дефектоскоп ультразвуковой А1214 expert

Параметр	Значение
Диапазон устанавливаемых номинальных частот ультразвука	от 0,5 до 15,0 МГц
Отклонение рабочих частот от номинальных	$\pm 10\%$
Диапазон настройки на скорость ультразвука в материале	от 500 до 14 999 м/с
Диапазон перестройки усиления приемника	от 0 до 100 дБ
Отклонение установки усиления	$\pm 1,0$ дБ
Диапазон измерений глубины залегания дефекта (по стали) с прямыми преобразователями:	
S3568 2.5A0D10CL	от 7 до 6 000 мм
D1771 4.0A0D12CL	от 2 до 3 000 мм
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины залегания дефекта Н с прямыми преобразователями	$\pm(0,02Н+1,00)$ мм
Диапазон измерений глубины залегания дефекта (по стали) с наклонными преобразователями:	
S5182 2.5A65D12CS	от 2 до 1 300 мм
S5096 5.0A70D6CS	от 2 до 500 мм
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат дефекта (по стали) с наклонными преобразователями:	
глубины Н	$\pm(0,03Н+1,00)$ мм
дальности по поверхности L	$\pm(0,03L+1,00)$ мм
Диапазон измерений временных интервалов на частоте 2,5 МГц	от 0 до 1 900 мкс
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов Тизм	$\pm(0,1+0,0001Тизм)$ мкс
Источник питания	Аккумулятор
Номинальное значение напряжения питания	11,1 В
Время непрерывной работы от аккумулятора при нормальных климатических условиях, не менее:	18 ч
Диапазон рабочих температур	от -30 до +55°C
Тип дисплея	цветной TFT
Разрешение дисплея	640 x 480
Габаритные размеры электронного блока:	260 x 166 x 80 мм
Масса с аккумулятором:	1,9 кг

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

37

1.6 Контроль качества сварных соединений

Контроль качества сварки и сварных соединений состоит из нескольких обязательных этапов, которые позволяют определить дефекты. В ходе контроля осуществляется проверка таких показателей:

- приемлемого внешнего вида (при внешнем осмотре);
- плотности сварного шва;
- физико-химических свойств сварного шва.

Кроме того, контроль качества сварных соединений может быть:

предварительным – это первичный контроль сварного соединения для определения качества сварки. Такой контроль предупреждает образование дефектов, он заключается в контроле электродов, флюсов, соблюдения режимов работы и т.д.;

окончательный – это контроль, который оценивает результаты технологического процесса, его суть заключается в определении качества швов и выявлении дефектов.

Одним из основных и самым распространенным методов неразрушающего контроля является **ультразвуковой метод контроля**.

Основной документ, ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений — ГОСТ Р 55724-2013 «Соединения сварные. Методы ультразвуковые».

Ультразвуковые волны бывают продольные и поперечные. Если частицы среды перемещаются параллельно направлению распространения волны, то такая волна является продольной, если перпендикулярно — поперечной.

Для отыскания дефектов в сварных швах используют в основном поперечные волны, направленные под углом к поверхности свариваемых деталей.

Ультразвуковые волны способны проникать в материальные среды на большую глубину, преломляясь и отражаясь при попадании на границу двух материалов с различной звуковой проницаемостью. Именно эта способность ультразвуковых волн используется в ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений.

					ДП 44.03.04.774 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Для данной конструкции мы выбрали ультразвуковой контроль сварочных соединений, потому что это один из самых распространенных способов контроля, он удовлетворяет требования по контролю сварки коробчатой балки, обладает высокой точностью и скоростью исследований, возможность проведения проверки изделия вне производства, а также безопасен для человека.

1.7 Описание технологического процесса изготовления заданной сварной конструкции

В таблице 14 представлена технологическая последовательность изготовления балки коробчатого сечения.

Таблица 14 – Технологическая последовательность изготовления коробчатой балки

№ п/п	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Очистка	Очистку применяют для удаления с поверхности металла средств консервации, загрязнений, смазочно-охлаждающих жидкостей, ржавчины, окалины, заусенцев, грата и шлака.	Ручных пневматических и электрических машин.
2	Разметка	Размечаем листы под резку.	Рулетка, маркер, штангенциркуль.
3	Резка	Плазменная резка по разметке.	Аппарат плазменной резки AIRFORCE 160 IGBT (CUT 160I), AURORA
4	Разделка кромок	Срезать кромки при помощи ручных пневматических и электрических машин	Ручные пневматические и электрические машины.
5	Сборка	Собрать подготовленные детали и произвести прихватки при помощи полуавтомата. Длина прихватки 25/250.	Рулетка, сварочный полуавтомат «Phoenix 355» $I_{св} = 140A$ $U_{св} = 24 В$
6	Загрузка	Загружаем на установку для сварки коробчатых балок.	Кран-балка. Кантователь

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 14

7	Сварка	Сварка производится одновременно двух швов с помощью сварочной головки CRC-Evans P 600	Источник питания ВДУ-506 d = 1,6 мм I=320 А U=31 В V _{св} = 19 м/ч Q _{зг} = 16 л/мин
8	Зачистка	Зачищаем сварные швы от брызг и шлака, срезаем выводные планки.	Ручные пневматические и электрические машины.
9	Кантовочная	Производим кантовку коробчатой балки на 180 градусов для сварки оставшихся двух швов	Кантователь
12	Сварка	Сварка производится одновременно двух швов с помощью сварочной головки CRC-Evans P 600	Источник питания ВДУ-506 d = 1,6 мм I=320 А U=31 В V _{св} = 19 м/ч Q _{зг} = 16 л/мин
13	Зачистка	Зачищаем сварные швы от брызг и шлака, срезаем выводные планки.	Ручные пневматические и электрические машины.
14	Контроль	Контролировать геометрические параметры и размеры сварных швов, качество их формирования. Трещины, поры, подрезы запрещены.	Линейка металлическая, штангенциркуль, универсальный шаблон сварщика, дефектоскоп УИУ «Скаруч»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

40

2 Методический раздел

В технологическом разделе выпускной квалификационной работы представлен технологический процесс сборки и сварки балки коробчатого сечения. Разработка технологии показала, что оптимальнее выполнять сварку с применением автоматической сварки в среде защитных газов, что обеспечит лучшую производительность по сравнению с используемой ранее полуавтоматической электродуговой сваркой. Для реализации данной задачи был разработан полный технологический процесс, выбрано современное сборочное и сварочное оборудование. Однако технологический процесс не будет эффективным, если не будут подготовлены квалифицированные рабочие, которые могут успешно осуществлять процесс сборки и сварки.

К сварочным работам по технологии автоматической сварки плавлением допускаются рабочие, имеющие профессию «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии процесс сварки выполнялся рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), поэтому необходимо разработать программу переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и реализовать программу в рамках промышленного предприятия.

Начать разработку программы переподготовки необходимо с изучения и анализа таких нормативных документов, регламентирующих содержание профессий, как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* в настоящее время является абсолютно новой формой определения квалификации работника, он отличается от ранее используемых - единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих и единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты, как правило, применяют:

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблица 15 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками.	Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов
<i>Трудовые действия</i>	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением.</p> <p>Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

43

Продолжение таблицы 15

1	2	3
	<p>Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля. Контроль исправления дефектов сварных соединений.</p>
<p><i>Необходимые умения:</i></p>	<p>Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций. Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции. Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

44

Продолжение таблицы 15

1	2	3
<p>Необходимые знания</p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p> <p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций.</p> <p>Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением, и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов. Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением.</p> <p>Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к сборке конструкции под сварку. Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

45

Окончание таблицы 15

1	2	3
<i>Другие характеристики:</i>	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; Сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; Сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.</p>	
Характеристики выполняемых работ:	<p>Прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением конструкций из различных материалов, предназначенных для работы под давлением, под статическими и динамическими нагрузками. Наплавка простых и сложных инструментов, труб, дефектов деталей машин и механизмов; исправление дефектов сваркой.</p>	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

46

Вывод: в результате сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением» было выявлено следующее: 1) необходимые для подготовки оператора автоматической сварки плавлением знания:

- Типы сварочного и вспомогательного оборудования для полностью автоматической сварки плавлением, их устройство и настройка;
- Сварочные материалы для сварки в среде защитных газов;
- Режимы сварки в среде защитных газов;
- Техника и технология сварки в среде защитных газов;

2) необходимые для подготовки оператора автоматической сварки плавлением умения:

- Владение техникой автоматической сварки плавлением.
- Контроль процесса автоматической сварки плавлением и работы сварочного оборудования.

Данное сравнение дает возможность разработки содержания краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и в дальнейшем возможности реализовать данную программу в условиях промышленного предприятия без отрыва от производства.

2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

Учебный план для переподготовки разрабатывается в соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования рабочих, в его содержание входят название предметов, последовательность их изучения и объем времени, затрачиваемого на изучение предметов. Учебный план включает теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный эк-

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

2.3 Разработка тематического плана предмета «Спецтехнология»

Целью теоретического обучения является формирование системы профессиональных знаний и умений об основах проектирования и реализации технологических процессов в условиях промышленного предприятия, организации труда, безопасного использования технологического оборудования и инструментов. Содержание программы предмета «Спецтехнология» тесно связано с содержанием разработанной технологии и отражает всю ее сущность.

Таблица 17 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Основные сведения об источниках питания для автоматической сварки	6
2	Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов	10
2.1	Классификация сварочных автоматов, их общие характеристики	4
2.2	Типовые узлы и устройство сварочных автоматов	3
2.3	Типовые конструкции сварочной головки	3
3	Технология автоматической сварки в среде защитного газа	15
3.1	Особенности сварки в среде защитного газа	5
3.2	Режимы автоматической сварки в среде защитного газа	4
3.3	Механическое оборудование, используемое для сварочных работ в условиях автоматической сварки в среде защитного газа	6
4	Контроль качества сварных соединения	4
5	Охрана труда	2
	Итого:	37

Программа предмета «Спецтехнология» включает изучение технологии и техники автоматической сварки в среде защитного газа, включая разделы устройства, работы и эксплуатации различного сварочного и механического оборудования.

2.4 Разработка плана урока теоретического обучения по предмету «Спецтехнологии»

Тема урока: Типовые узлы и устройство сварочных автоматов

Цели занятия:

Таблица 18 - План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 минут	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 2 минуты	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов» Тема занятия: «Типовые узлы и устройство сварочных автоматов для сварки в среде защитных газов». Цель нашего занятия: Ознакомить обучаемых с типовыми узлами и устройством сварочных автоматов, применяемых при сварке в среде защитных газов; изучить устройство и технические характеристики сварочного автомата CRC-Evans P600.	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Перед изучением нового материала давайте вспомним следующие вопросы: 1. Поясните достоинства автоматической сварки в среде защитных газов? 2. Какие защитные газы и смеси используются при автоматической сварки в среде защитных газов? 3. Знаете ли вы систему обозначения сварочных аппаратов для дуговой сварки, применяемых в российской практике сварки.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 25 минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: – Основные узлы и механизмы автомата; – Устройство и технические характеристики двух-дугового сварочного аппарата CRC-Evans P600. По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание. Прошу сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам. Сварочные автоматы используются для автоматической сварки как в среде защитных газов, так и под флюсом. Они как правило комплектуются из следующих основных узлов: 1) сварочная головка, 2) тележка, 3) пульт управления, 4) аппаратный шкаф, 5) кассета со сварочной проволокой. Сварочная головка Основными элементами сварочной головки является механизм подачи проволоки, подающие ролики, токоподводящий мундштук и устройства для установочных перемещений головки.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата.

Продолжение таблицы 18

1	2	3
	<p>Механизм подачи состоит из электродвигателя и редуктора. При использовании электродвигателя переменного тока применяют регулируемые редукторы. Электродвигатели постоянного тока могут работать в сочетании с нерегулируемыми редукторами. Подающие ролики расположены на выходных валах редуктора. Их назначение - стабильная подача сварочной проволоки без проскальзывания. Обычно это достигается при использовании двух пар. К корпусу редуктора крепится токоведущий мундштук для обеспечения электрического контакта и направления проволоки в сварочную ванну. Мундштук обеспечивает минимальное блуждание торца электрода относительно сварочной ванны, а также надежный электрический контакт со сварочной проволокой. Для сварки при применении электродной проволоки диаметром (3-5 мм) наибольшее распространение получили мундштуки с роликовым скользящим контактом, который поддерживается за счет сменных наконечников мундштука.</p> <p>Конструкция подвески сварочной головки обеспечивает возможность ее установочных перемещений: вертикальное - для установления необходимого вылета электрода или угла наклона его относительно свариваемого стыка; поперечное - для установки торца электрода по центру стыка в начале и корректировки его в процессе сварки.</p> <p>Тележка предназначена для перемещения головки вдоль свариваемого стыка. На ее корпусе устанавливают сварочную головку, катушку для проволоки и пульт управления автоматом. Тележка должна обеспечивать плавность хода в диапазоне скоростей сварки. Тележка тракторного типа перемещается с помощью бегунковых колес или по направляющим рельсам, или по свариваемому изделию. Тележка кареточного типа перемещается только по направляющим стапеля или устройства крепления самого автомата. Для сварки продольных прямолинейных швов применяют консольные направляющие. Автоматы консольного типа универсальны. Их можно использовать и для сварки кольцевых швов.</p> <p>В автоматах для сварки в защитных газах используется специальная сварочная горелка, в которой помимо токоподвода имеются устройства для подачи защитного газа в зону сварки и принудительного охлаждения горелки от прогрева.</p> <p>Посмотрите внимательно на блок-схему сварочного автомата, нарисованную на доске.</p>	<p>Вместе разбираем устройство механизмов, схемы.</p> <p>Показываю корпус редуктора.</p> <p>Спрашиваю обучаемых, понятен ли механизм подачи сварочной проволоки.</p> <p>Разбираем конструкцию подвески сварочной головки.</p> <p>Представляю тележку для перемещения сварочной головки.</p> <p>Смотрю успевают ли обучаемые записать и зарисовать схемы. Спрашиваю устройства сварочных горелок.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1	2	3
	<p>Задавайте вопросы об устройстве сварочного автомата, рассмотрите внимательно все составляющие сварочного автомата.</p> <p>Давайте перейдем к следующему подразделу. Здесь мы познакомимся со сварочным автоматом, который будет использован при сварке балки коробчатого сечения. Дело в том, что сварку данной балки можно вести несколькими способами. Для того, чтобы избежать коробления и более рационально провести сварочный процесс возможно применение двухдугового аппарата, когда одновременно с одной стороны будет производиться параллельно сварка двух продольных швов. В качестве такого аппарата возможно применить сварочную двухдуговую головку CRC-Evans P 600. Она может быть использована для сварки плавящимся электродом в среде защитного газа всех слоев шва неповоротных стыковых, нахлесточных, тавровых соединений.</p> <p>Использование двухдугового автомата позволяет выполнять сварку заполняющих и облицовочного слоев одновременно двумя дугами.</p> <div data-bbox="624 1043 938 1368" data-label="Image"> </div> <p>Плакат - Сварочная двухдуговая головка CRC-Evans P 600</p> <p>Разберем технические характеристики сварочной двухдуговой головки CRC-Evans P 600, которая используется для сварки двух швов одновременно, это обеспечивает большую производительность процесса сварки, экономию времени.</p> <p>Данная сварочная головка снабжена двумя источниками питания ВДУ-506.</p>	<p>Записываем основные моменты.</p> <p>Разбираем двухдуговую сварочную головку.</p> <p>Показываю плакат с общим видом.</p> <p>Обращаю внимание обучающихся на плакат с общим видом, и начинаем разбирать основные части.</p> <p>Рассказываю о устройстве сварочной головки. Записываем основные моменты. Зарисовываем.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 18

1	2	3																																		
	<p style="text-align: center;">Технические характеристики сварочной двухдуговой головки CRC-Evans P600</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="391 280 730 331">Параметр</th> <th data-bbox="730 280 1080 331">Режим</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="391 331 730 405">Ход горелки по вертикальной оси</td> <td data-bbox="730 331 1080 405" style="text-align: center;">50,8 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 405 730 456">Питание головки</td> <td data-bbox="730 405 1080 456" style="text-align: center;">36В</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 456 730 530">Частота колебаний горелки</td> <td data-bbox="730 456 1080 530" style="text-align: center;">0 - 220 мин</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 530 730 604">Амплитуда колебаний горелки</td> <td data-bbox="730 530 1080 604" style="text-align: center;">0 - 50,4 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 604 730 678">Время задержки на кромках</td> <td data-bbox="730 604 1080 678" style="text-align: center;">0 - 2,0 сек</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 678 730 752">Регулировка угла установки горелки</td> <td data-bbox="730 678 1080 752" style="text-align: center;">$\pm 10^\circ$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 752 730 826">Скорость подачи проволоки</td> <td data-bbox="730 752 1080 826" style="text-align: center;">254 - 1588 см/мин</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 826 730 878">Скорость сварки</td> <td data-bbox="730 826 1080 878" style="text-align: center;">0,127 - 1,52 см/мин</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 878 730 992">Точность датчика пространственного положения головки</td> <td data-bbox="730 878 1080 992" style="text-align: center;">± 1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 992 730 1106">Возможность подключения аккумулятора</td> <td data-bbox="730 992 1080 1106" style="text-align: center;">24В</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1106 730 1220">Объем охлаждающей жидкости на одну головку</td> <td data-bbox="730 1106 1080 1220" style="text-align: center;">7,87 л</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1220 730 1294">Температура эксплуатации</td> <td data-bbox="730 1220 1080 1294" style="text-align: center;">от - 40°C до + 70°C</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1294 730 1346">Длина</td> <td data-bbox="730 1294 1080 1346" style="text-align: center;">622 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1346 730 1397">Ширина</td> <td data-bbox="730 1346 1080 1397" style="text-align: center;">368 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1397 730 1449">Высота</td> <td data-bbox="730 1397 1080 1449" style="text-align: center;">393 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="391 1449 730 1500">Масса</td> <td data-bbox="730 1449 1080 1500" style="text-align: center;">17,7 кг</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 20px;"><i>Преимущества сварочной головки:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • возможность сварки плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (GMAW, GMAW-P) проволоками диаметром от 0,9 мм до 1,6 мм; • цифровой ввод и управление режимами сварки; • система автоматического слежения за вылетом горелки; • система автоматического слежения за разделкой; 	Параметр	Режим	Ход горелки по вертикальной оси	50,8 мм	Питание головки	36В	Частота колебаний горелки	0 - 220 мин	Амплитуда колебаний горелки	0 - 50,4 мм	Время задержки на кромках	0 - 2,0 сек	Регулировка угла установки горелки	$\pm 10^\circ$	Скорость подачи проволоки	254 - 1588 см/мин	Скорость сварки	0,127 - 1,52 см/мин	Точность датчика пространственного положения головки	± 1	Возможность подключения аккумулятора	24В	Объем охлаждающей жидкости на одну головку	7,87 л	Температура эксплуатации	от - 40°C до + 70°C	Длина	622 мм	Ширина	368 мм	Высота	393 мм	Масса	17,7 кг	
Параметр	Режим																																			
Ход горелки по вертикальной оси	50,8 мм																																			
Питание головки	36В																																			
Частота колебаний горелки	0 - 220 мин																																			
Амплитуда колебаний горелки	0 - 50,4 мм																																			
Время задержки на кромках	0 - 2,0 сек																																			
Регулировка угла установки горелки	$\pm 10^\circ$																																			
Скорость подачи проволоки	254 - 1588 см/мин																																			
Скорость сварки	0,127 - 1,52 см/мин																																			
Точность датчика пространственного положения головки	± 1																																			
Возможность подключения аккумулятора	24В																																			
Объем охлаждающей жидкости на одну головку	7,87 л																																			
Температура эксплуатации	от - 40°C до + 70°C																																			
Длина	622 мм																																			
Ширина	368 мм																																			
Высота	393 мм																																			
Масса	17,7 кг																																			

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.774 ПЗ

Лист

54

Окончание таблицы 18

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> • возможность ввода режимов в зависимости от пространственного положения на трубе; • вывод режимов сварки в реальном времени на цифровой дисплей или запись во внутреннюю память с заданным шагом; • газовый клапан с возможностью подключения 2-х видов защитного газа; • прочная и надежная конструкция; • возможность копирования режимов сварки между автоматами; • защита режимов сварки от изменений цифровым ключом. <p>В качестве сварочных источников используются современные цифровые сварочные инверторы Fronius TPS-3200. На 2-е сварочные головки необходимо 5 данных источников питания.</p> <p><i>Основное назначение:</i> полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей, а также цветных металлов и сплавов в среде защитных газов (MIG/MAG) с возможностью реализации новейших технологических разработок Fronius.</p>	<p>Записываем преимущества и возможности применения сварочной двухдуговой головки.</p> <p>Отмечаем источники питания, используемые для данных сварочных установок</p>
<p>Первичное закрепление материала 5 минут</p>	<p>Сейчас давайте ответим на мои вопросы, чтобы было понятно, на сколько вами усвоен новый материал.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Из каких типовых частей состоит любой сварочный автомат? 2) Чем отличается сварочный автомат для сварки под флюсом от автомата для сварки в среде защитных газов? 3) Какие оптимальные размеры диаметров сварочной проволоки характерны для автомата в среде защитных газов? 4) Чем обусловлена причина применения для сварки коробчатой балки двухдугового автомата? 5) Сколько источников питания имеет двухдуговой автомат? 	<p>Разбираем домашнее задание, записываем его.</p>
	<p>Теперь запишем домашнее задание, повторить конспект, запомнить типовые части сварочного автомата. Рассмотреть в Каталоге оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://a-svarka.ru – сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов, записать марки, отметить особенности и области их применения.</p>	<p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Разработанный методический раздел выпускной квалификационной работы может быть самостоятельной творческой разработкой будущего педагога профессиональной школы. При выполнении методического раздела ВКР нами были:

- изучена и проанализирована функциональная характеристика рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработан учебный план профессиональной переподготовки;
- разработан тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработан план урока по предмету «Спецтехнология», в котором были использованы результаты разработки технологии сборки и сварки балки коробчатого сечения;
- разработаны средства обучения для занятия теоретического обучения.

Считаем, что данная разработка может быть внедрена в процесс переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», что позволит решать основную задачу профессионального образования – подготовку квалифицированных и конкурентоспособных рабочих кадров.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем дипломном проекте разработана технология сборки и сварки балки коробчатого сечения, заменяющая ручную дуговую сварку на механизированную сварку в среде защитного газа. После анализа базовой технологии нами была предложена автоматическая сварка в среде защитного газа, причем в качестве защитной смеси был выбран Corgon 18. Далее было подобрано сварочное оборудование, скомпонована установка для сварки балки коробчатого сечения, укомплектованная двухдуговой головкой CRC-Evans P 600 и двумя источниками питания.

В методической части дипломного проекта на основе изучения и анализа Профессиональных стандартов была разработана краткосрочная программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением». Краткосрочная программа включает учебный план (теоретическое и практическое обучение). В рамках данной работы был разработан тематический план и план урока по теме " Типовые узлы и устройство сварочных автоматов ".

Подводя итог работы над дипломным проектом можно сделать вывод о том, что подобранное оборудование и разработанная технология сборки и сварки балки коробчатого сечения позволяет повысить производительность труда, снизить трудоёмкость процесса изготовления изделия и обеспечить снижение себестоимости изготовления.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

[Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – АО «Кодекс», 2018. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420273739>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.01.2019)

19 ГОСТ 2246 - 70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартинформ, 2008. – 20 с.

20 ГОСТ 8050 - 85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. - Введ. 1987-01-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартинформ, 2006. – 24 с.

21 ГОСТ Р ИСО 14175 - 2010. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. Материалы сварочные. - Введ. 2012-01-01. – М.: Национальный стандарт РФ: Стандартинформ, 2011. – 14 с.

22 ГОСТ 14771 - 76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - Введ. 1977-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 39 с.

23 ГОСТ 3242 - 79. Соединения сварные. Методы контроля качества. - Введ. 1981-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 14 с.

24 ГОСТ 18442 - 80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. - Введ. 1981-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 16 с.

					<i>ДП 44.03.04.774 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

Приложение А - Спецификация