

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И
СВАРКИ РАМЫ ВЕСОВ**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)

Профиль Машиностроение и материалобработка

Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве

Идентификационный код ВКР: 076

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально–педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н.Гузанов
« ____ » _____ 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И
СВАРКИ РАМЫ ВЕСОВ

Исполнитель:
студент группы СМ-401п _____ Т.М. Кузнецов

Руководитель:
ст. преподаватель _____ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:
к.т.н., доцент _____ Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 59 листов машиностроительного текста, 13 рисунков, 21 таблицу, 31 использованных источников литературы, 1 приложение, графическая часть на 5 листах формата А1.

Ключевые слова: РАМА ВЕСОВ, СТАЛЬ 15Г2СФ, РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА, СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА СВ-08Г2С, РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ СВАРКИ, МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАТЬ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ ПО ПРОФЕССИИ «ОПЕРАТОР РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ».

Кузнецов Т.М. Разработка технологического процесса сборки и сварки рамы весов: выпускная квалификационная работа / Т.М. Кузнецов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т. Инж-пед. образования, Каф. ИММ. – Екатеринбург, 2019 – 59 с.

В технологическом разделе подобрано сварочное оборудование и разработана технология сборки и сварки рам весов на основании выбора способа сварки, сварочных материалов, расчетов параметров режима сварки и геометрических размеров сварного шва.

В методической части разработана программа переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» 3-го квалификационного уровня.

					<i>ДП 44.03.04. 076 ПЗ</i>						
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>							
<i>Разраб.</i>		Кузнецов Т.М.			Разработка технологии и подбор оборудования для сварки лонжерона Пояснительная записка			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Руковод.</i>		Радченко Е.В.						3	59		
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>		Билалов Д.Х.						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. СМ-401п			
<i>Утверд</i>		Гузанов Б.Н.									

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Технологический раздел.....	7
1.1 Описание конструкции.....	7
1.2 Характеристика конструкционного материала.....	7
1.3 Особенности сварки 15Г2СФ.....	9
1.4 Свариваемость стали 15Г2СФ.....	10
1.5 Выбор способа сварки и сварочных материалов.....	12
1.6 Выбор сварочных материалов.....	17
1.7 Расчет режимов сварки.....	19
1.8 Выбор оборудования.....	27
1.9 Технология сборки и сварки рамы весов.....	37
2 Методический раздел.....	40
2.1 Сравнительный анализ профессиональных стандартов.....	41
2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки».....	46
2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология».....	47
2.4 Разработка плана – конспекта урока.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	55
Приложение А.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Сварка сегодня – ключевая технология во всех отраслях индустрии. С применением сварочного оборудования производится более половины национального валового продукта.

Применение сварки способствует модернизации машиностроения и развитию новых отраслей техники – радиоэлектронике, атомной энергетике, ракетостроению. Сварка позволяет в разы уменьшать затраты на единицу продукции, улучшить качество изделий, сократить длительность производственного цикла.

Экономические и технологические преимущества сварки давно превратили ее в высоко производительный процесс, позволяющий при относительно небольших трудовых и материальных затратах достигать высоких технико-экономических показателей.

Особое внимание уделяется деталям повышенной прочности. Рама весов должна быть прочной, способной выдержать вес двадцати тонного автомобиля, при этом датчики должны четко и верно передавать конечный результат взвешивания автомобиля на контрольный пункт управления.

Производство рамы весов осуществлялось с помощью полуавтоматической сварки. Актуальным становится внедрение и замена данного способа на роботизированную сварку, что, в своем роде, повлечет снижение трудоемкости процесса изготовления, повышения производительности труда.

Объектом разработки в представленной дипломной работе является технология изготовления металлоконструкции.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки рамы весов.

Целью дипломного проекта является разработка технологии сборки и сварки рамы весов с использованием роботизированной сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить характеристики материала изделия с учетом свариваемости и физико–химических свойств;

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						5
		№ документа	Подпись	Дата		

- проанализировать условия эксплуатации конструкции;
- разработать технологию сборки и сварки изделия;
- выбрать соответствующее механическое и сварочное оборудование для разработанного варианта технологии;
- разработать программу подготовки сварщика – оператора роботизированной сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления рамы весов, включающий роботизированную сварку в смеси газа; методическая часть посвящена разработке программы подготовки сварщиков, способных работать с роботизированным комплексом.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						6
		№ документа	Подпись	Дата		

1 Технологический раздел

1.1 Описание конструкции

Назначение и описание конструкции

Автомобильные весы (рисунок 1) предназначены для взвешивания в статическом положении любых видов автомобилей с грузом для учета и выявления расхождений веса при приемке/отгрузке продукции. Весы подходят для работы с различными видами грузового транспорта – грузовиками, цистернами, автопоездами, прицепами, полуприцепами и т.д.

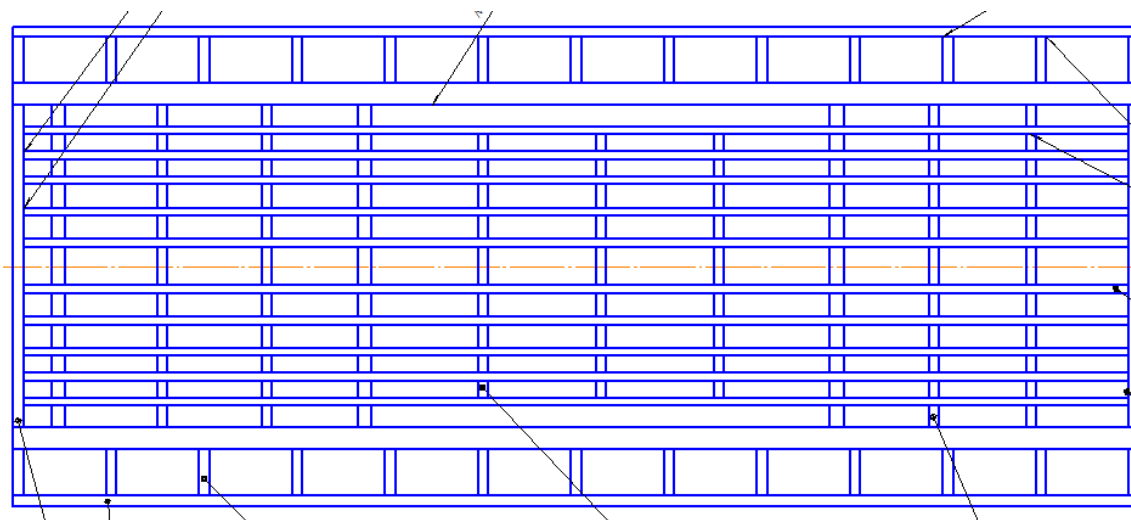


Рисунок 1 - Рама весов

Изделие «Рама весов» изготавливается из стали 15Г2СФ. [1] Данный вид стали относится к конструкционной низколегированной марганцово-ванадиевой стали.

1.2 Характеристика конструкционного материала

Для изготовления рамы весов применяется сталь 15Г2СФ.

Данный вид стали относится к конструкционной низколегированной марганцово – ванадиевой стали. Марганцово – ванадиевая низколегированная конструкционная сталь нашла преимущественное применение в промышленном

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						7
		№ документа	Подпись	Дата		

производстве сварных конструкций. Металл марки 15Г2СФ отличается хорошей свариваемостью без подогрева и не нуждается в последующей термообработке. Из-за сокращения объема ванадия, сталь приобретает повышенную ударную прочность, мелкозернистую структуру, а так же повышенную износостойкость. [2]

Сталь 15Г2СФ применяется для изготовления проката повышенной прочности, применяемого в конструкциях общего назначения со сварными, клепаными и болтовыми соединениями.

Химический состав стали 15Г2СФ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 15Г2СФ, ГОСТ 19281-2014 [27]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
0,12-0,18	0,4-0,7	1,3-1,7	0,3	0,04	0,035	0,3	0,05-0,1	0,012	0,3	0,08

Свариваемость стали – без ограничений.

Механические свойства стали представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали 15Г2СФ при T=20°C

Сортамент	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 %	Ψ , %	КСУ, кДж/м ²
Лист, ГОСТ 19282-73	560	400	18		

σ_b – предел кратковременной прочности, [МПа]

σ_T – предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]

δ_5 – относительное удлинение при разрыве, [%]

Ψ – относительное сужение, [%]

КСУ – ударная вязкость, [кДж/м²]

1.3 Особенности сварки 15Г2СФ

Марганцово – ванадиевая сталь 15Г2СФ обладает низким порогом хладноломкости, высокой прочностью и свариваемостью, что позволяет использовать сталь при сооружении таких сварных конструкций, как железнодорожные и автомобильные мосты, резервуары высокого давления, магистральные трубопроводы. Изменение структуры и трансформация сульфидов и оксидов железа и марганца происходит под воздействием сварочного источника тепла. При скорости охлаждения свыше 20°C влияет на характер распространения трещин, а так же приводит к уменьшению ударной вязкости участка зоны термического влияния. [3]

Из-за того, что оксисульфидные включения являются главными концентраторами напряжений в структуре, их формы и размеры влияют на траекторию движения трещин. Чаще всего разрушение сварных конструкций происходит в зоне термического влияния, структура и свойства которой напрямую зависят от параметров термического цикла сварки.

При повышенном содержании легирующих элементов в стали проявляется чувствительность металла к образованию малопластичных закалочных структур, что в сочетании с высоким содержанием диффузионного водорода в металле шва и наличием остаточных сварочных напряжений может способствовать образованию холодных трещин.

Предотвратить появление холодных трещин можно путем регулирования термического цикла сварки, а так же снижением скорости охлаждения металла. Это может быть достигнуто путем повышения эффективной погонной энергии за счет увеличения сварочного тока и уменьшения скорости сварки, а также за счет принудительного нагрева стали в месте сварки.

Подогрев зоны сварного соединения снижает скорость охлаждения стали, способствуя уменьшению внутренних напряжений и вероятности образования холодных и горячих трещин.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						9
		№ документа	Подпись	Дата		

1.4 Свариваемость стали 15Г2СФ

Оценка склонности стали к образованию горячих трещин

Горячие трещины – это хрупкие межкристаллитные разрушения шва и зоны термического влияния, возникающие в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии. [4]

Причиной образования горячих трещин является сегрегация (это изменения состава, структуры и свойств поверхностных слоёв атомов вещества в твёрдом или жидком состояниях) таких примесей, как сера, фосфор или кислород и окислы. Данные элементы не вводятся специально в металл сварного шва, они попадают в него как сопутствующие элементы в результате неоптимальных металлургических реакций.

Горячие трещины могут образоваться в процессе специально вводимых в металл сварного шва таких элементов, как ниобий, хром, молибден, бор.

Склонность сталей к образованию горячих трещин оценивается по показателю Уилкинсона:

$$H.C.S. = \frac{C(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 1000}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \quad (1)$$

При сварке сталей с пределом прочности $\sigma_B < 700$ МПа и показателем Уилкинсона $H.C.S. < 4$, горячие трещины не появляются; если предел прочности $\sigma_B > 700$ МПа и показатель Уилкинсона $H.C.S. < 2$, то горячие трещины так же образовываться не будут.

Рассчитываем по формуле (1) склонность стали 15Г2СФ к образованию горячих трещин.

$$H.C.S. = \frac{0,14(0,04 + 0,035 + \frac{0,5}{25} + \frac{0,3}{100}) \cdot 1000}{3 \cdot 1,5 + 0,3 + 0,8} = 2,45$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						10
		№ документа	Подпись	Дата		

Исходя из полученного значения показателя Уилкинсона, прихожу к выводу, что сталь 15Г2СФ не склонная к образованию горячих трещин, так как показатель Уилкинсона $H.C.S.=2,45$, а предел прочности данной стали $\sigma_b=560$ МПа.

Оценка склонности стали к образованию холодных трещин

Холодные трещины – это хрупкие локальные межкристаллитные разрушения, возникающие за счет собственных сварочных напряжений.

Причинами возникновения холодных трещин являются следующие аспекты:

- микроструктура металла в сварном шве или в зоне термического влияния имеет высокую чувствительность к водороду. Хорошую чувствительность к водороду имеет, к примеру, мартенситная структура, которая формируется в процессе прочных сталей;
- в зоне термического влияния необходимо присутствие диффузионного водорода, проникшего в околошовную зону из металла сварного шва;
- необходимо присутствие растягивающих напряжений в зоне термического влияния.

Холодные трещины могут образовываться во всех зонах сварного соединения и иметь перпендикулярное или параллельное расположение по отношению к оси шва.

Оценку склонности стали 15Г2СФ к появлению холодных трещин проводим с учетом структурных превращений и жесткости изделия (по Сефериану):

$$[C] = [C]_x \cdot (1 + 0,005 \cdot \delta), \% \quad (2)$$

где δ – толщина металла, мм.

$$[C]_x = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13} \quad (3)$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						11
		№ документа	Подпись	Дата		

Появление холодных трещин вероятно при $[C] \geq 0,4 \div 0,45\%$.

Температура подогрева рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\text{подогр}} = 350 \cdot \sqrt{[C] - 0,25}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Производим расчёт по формулам (2-4):

$$[C]_{\text{х}} = 0,14 + \frac{1,5 + 0,3}{9} + \frac{0,3}{18} = 0,36\%$$

$$[C] = 0,36 \cdot (1 + 0,005 \cdot 6) = 0,37 \%$$

$$T_{\text{подогр}} = 350 \cdot \sqrt{0,37 - 0,25} = 120^\circ\text{C}$$

1.5 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Рассмотрим способы сварки, которые возможно применить при сварке имеющейся конструкции. К таким способам относятся:

- ручная дуговая сварка;
- сварка в среде защитных газов;
- сварка под флюсом.

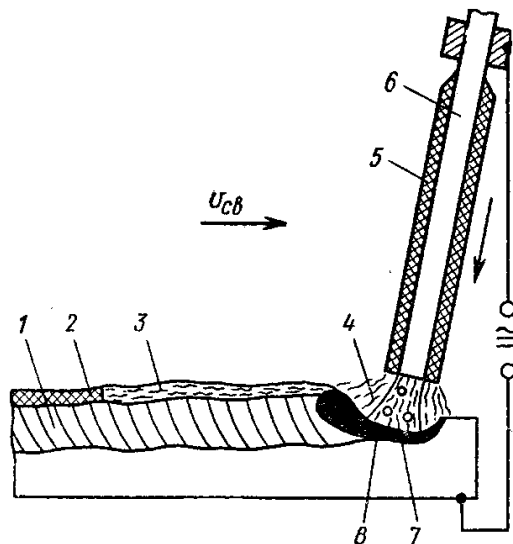
Изучим их достоинства и недостатки относительно нашей конструкции.

Ручная дуговая сварка

При ручной дугой сварке (рисунок 2) покрытыми металлическими электродами, сварочная дуга горит с электрода на изделие, оплавляя кромки свариваемого основного металла изделия и расплавляя металл электродного стержня и покрытие электрода. Кристалл основного металла и металла электродного стержня образует сварной шов. [6]

Электрод состоит из электродного стержня и электродного покрытия. Электродный стержень – сварочная проволока; электродное покрытие – многокомпонентная смесь металлов и их оксидов.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						12
		№ документа	Подпись	Дата		



- 1 – металл шва; 2 – шлак; 3 – расплавленный металл; 4 – сварочная дуга;
 5 – электродное покрытие; 6 – электродный стержень;
 7 – сварочная ванна; 8 – капли электродного металла

Рисунок 2 - Схема ручной дуговой сварки неплавящимся электродом

Достоинства способа:

- простота оборудования;
- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в труднодоступных местах;
- быстрый, по времени переход от одного вида материала к другому;
- большая номенклатура свариваемых металлов.

Недостатки способа:

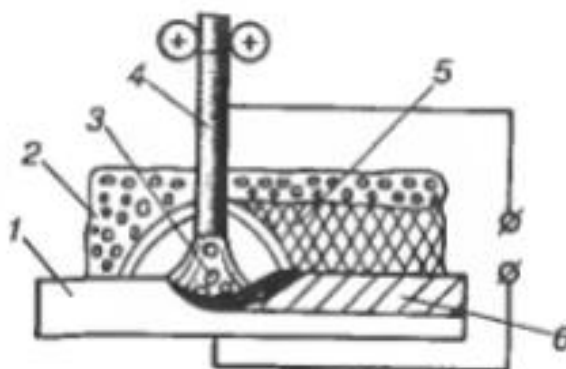
- большие материальные и временные затраты на подготовку сварщика;
- качество сварного соединения и его свойства во многом определяются субъективным фактором;
- низкая производительность (пропорциональна сварочному току, увеличение сварочного тока приводит к разрушению электродного покрытия).

Сварка под флюсом

При сварке под флюсом (рисунок 3) дуга горит между сварочной проволокой и свариваемым изделием под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма подают электродную проволоку в зону дуги. Свароч-

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						13
		№ документа	Подпись	Дата		

ный ток (переменный или постоянный, прямой или обратной полярности) подводится к проволоке с помощью скользящего контакта, а к изделию – постоянным контактом. Сварочная дуга находится в газовом пузыре, который образуется в результате плавления флюса и металла. Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса (шлака). По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва. [7]



1 – основной металл; 2 – флюс; 3 – сварочная дуга; 4 – электродная проволока;
5 – закристаллизовавшийся шлак; 6 – сварной шов

Рисунок 3 - Схема автоматической сварки под флюсом

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надежная 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;
- отсутствует влияние субъективного фактора.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						14
		№ документа	Подпись	Дата		

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.

Сварка в среде защитных газов

При сварке плавящимся электродом в среде защитных газов (рисунок 4) в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подается газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных атмосферных газов. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов. [8]

При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей для защиты расплавленного электродного металла и металла сварочной ванны от атмосферных газов чаще всего применяют углекислый газ и смеси аргона с углекислым газом до 30%. Аргон и гелий в качестве защитных газов применяются только при сварке конструкций ответственного назначения. Сварку в защитных газах происходят плавящимся и неплавящимся металлическим электродом.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						15
		№ документа	Подпись	Дата		

Рациональное применение того или иного способа характеризуется технологичностью, производительностью, экономичность и экологичностью процесса сварки.

Для сварки стали 15Г2СФ, условий работы изделий и с учетом конструкции принимаем автоматическую сварку в среде защитных газов. Ручная дуговая сварка не производительна, требует большой затраты времени. Применение сварки под флюсом для соединения малых толщин нецелесообразно, поскольку коэффициент наплавки и производительность сварки в защитном газе выше, чем у сварки под флюсом.

Сварка ведется на постоянном токе обратной полярностью, используя режимы, обеспечивающие струйный перенос электродного металла.

1.6 Выбор сварочных материалов

Выбор защитного газа для сварки

В качестве защитных газов применяют активные и инертные газы, а также их смеси. Инертным называются газы, которые не взаимодействуют с металлом и не растворяются в нем. В качестве таких газов используют аргон, гелий, а также их смеси.

Газы, вступающие в химическое взаимодействие со свариваемым металлом и растворяющиеся в нем (углекислый газ, пары воды, водород и др.), называются защитными или активными.

Иногда смеси газов обладают лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы. Так, смесь углекислого газа и кислорода (2 – 5 %) способствует мелкокапельному переносу металла, улучшению формирования шва, снижению разбрызгивания. Смесь из 70% гелия и 30% аргона улучшает формирование шва, увеличивает производительность сварки и дает возможность сваривать за один проход металл большей толщины. [9]

Наиболее распространенными при сварке сталей являются следующие защитные газовые смеси:

- смесь аргона с кислородом;

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						17
		№ документа	Подпись	Дата		

- смесь аргона с углекислым газом;
- смесь углекислого газа с кислородом.

Смесь аргона с кислородом

Газовая смесь аргона с кислородом используется при сварке низкоуглеродистых и легированных сталей. Добавление к аргону небольшого количества кислорода позволяет предотвратить пористость.

Смесь углекислого газа с кислородом

При добавлении к углекислому газу кислорода уменьшается разбрызгивание при сварке, увеличивается выделение тепла, улучшается формирование шва, что повышает производительность сварки. При этом механические свойства швов ухудшаются в связи повышенного окисления металла.

Смесь аргона с углекислым газом

Применение данной смеси (обычно 18 – 25 %) эффективно при сварке низколегированных и низкоуглеродистых сталей. Сварные швы более пластичны, чем при сварке в чистом углекислом газе, более легко достигается струйный перенос электродного металла, чем в сварке с чистым аргонem или углекислым газом. Уменьшается вероятность образования пор, по сравнению со сваркой в чистом аргоне. Стоимость смеси аргона и углекислого газа в разы меньше, чем чистого аргона.

В связи с этим, сварку стали 15Г2СФ будем производить в смеси углекислого газа с аргонem, в соотношении Ar:CO₂ (20:80) % (Corgon-20). [28]

Выбор сварочной проволоки

При сварке низколегированных сталей важно обращать внимание на обеспечение стойкости металла шва к образованию холодных и горячих трещин.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						18
		№ документа	Подпись	Дата		

При сварке в смеси газов сварочную проволоку выбирают таким образом, чтобы содержание углерода было несколько ниже, а ее химический состав максимально совпадал с химическим составом основного металла.

Для сварки рамы весов из стали 15Г2СФ выбираем проволоку Св– 08Г2С. Химический состав проволоки Св – 08Г2С приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав сварочной проволоки Св – 08Г2С по ГОСТ 2246-70 [29]

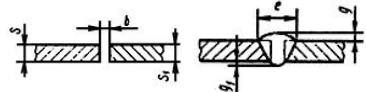
С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0,05 – 0,11	0,7 – 0,95	1,8 – 2,1	до 0,25	до 0,025	до 0,03	до 0,2	до 0,01

1.7 Расчет режимов сварки

Расчет площади наплавленного металла

Рассчитываем площадь наплавленного металла для следующих швов. Сведения о стандартных типах соединений, швов и форм подготовки кромок для дуговой сварки в среде защитных газов представлены в таблицах 4, 5, 7 для соединений С2, Т1, Н1 соответственно.

Таблица 4 – Фрагмент ГОСТ 14771 – 76 стыковое соединение [30]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$S=S_1$	b		e, не более	g		g ₁	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Шва сварного соединения			Но-мин.	Пре д.от кл.		Но мин.	Пре д.от кл.	Но мин.	Пре д.от кл.
С2			УП	5	0	+2,0	12,0	1,5	±1,0	1,5	±0,5

Расчет площади наплавленного металла производится по следующей формуле: [10]

$$F_H = S \cdot b + 0,75 \cdot (e \cdot g + e_1 \cdot g_1) \quad (5)$$

где e – ширина валика шва, мм;

g – высота валика шва, мм.

Рассчитываю площадь наплавленного металла для соединения С2:

$$F_H = 5 \cdot 1 + 0,75 \cdot (10 \cdot 1,5 + 0 \cdot 1,5) = 17 \text{ мм}^2 = 0,17 \text{ см}^2$$

Расчет режимов сварки при наложении швов

Рассчитаем режим сварки для соединения С2. [10]

Расчетная глубина проплавления при стыковом соединении без скоса кромок определяется по формуле:

$$h_p = S - 0,5b \quad (6)$$

где S – толщина свариваемых кромок, мм.

Производим расчет глубины проплавления:

$$h_p = 5 - 0,5 \cdot 2 = 4 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки рассчитываем в зависимости от расчетной глубины проплавления, мм:

$$d_{э.п.} = (0,29 \div 1,1) \cdot h_p \quad (7)$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						20
		№ документа	Подпись	Дата		

Производим расчет:

$$d_{\text{э.п.}} = (0,29 \div 1,1) \cdot 4 = 1,12 \div 4,4 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр электродной проволоки равным 1,2 мм.

Определив расчетную глубину проплавления, рассчитаем силу сварочного тока по следующей формуле:

$$I_{\text{св}} = \frac{h_p}{K_h} \cdot 100, \quad (8)$$

где K_h - коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки. [11]

При сварке в углекислом газе и диаметре электродной проволоки 1,2 мм, коэффициент пропорциональности $K_h = 2.10 \text{ мм}/100\text{А}$.

Рассчитываем силу сварочного тока: [11]

$$I_{\text{св}} = \frac{4}{2.10} \cdot 100 = 190 \text{ А}$$

Формула для плотности сварочного тока:

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{э.п.}}^2} \quad (9)$$
$$j = \frac{4 \cdot 190}{3,14 \cdot 1,2^2} = 168 \text{ А}/\text{мм}^2$$

Расчет скорости сварки производится по следующей формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_H \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \rho \cdot F_H}, \quad (10)$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						21
		№ документа	Подпись	Дата		

где α_H - коэффициент наплавки, г/А·ч;

ρ - плотность металла, равная 7,8 г/см³.

Расчет коэффициента расплавления и коэффициента наплавки находится по формуле:

$$\alpha_H = \frac{\alpha_p \cdot (100 - \Psi_{II})}{100} \quad (11)$$

где Ψ_{II} - коэффициент разбрызгивания газов. [12]

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_3^{0,39} \cdot d_3^{(-0,64)} \quad (12)$$

$$l_3 = 10 \cdot d_3 \pm 2 \cdot d_3 \quad (13)$$

$$l_3 = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \div 14,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 190^{0,32} \cdot 12^{0,39} \cdot 1,2^{(-0,64)} = 15,21 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \frac{15,21 \cdot (100 - 3,8)}{100} = 14,63 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{CB} = \frac{14,63 \cdot 190}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,17} = 0,58 \text{ см/с} = 21 \text{ м/ч}$$

Коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_{э.п.} \cdot U_D}{I_{CB}} \quad (14)$$

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

При сварке переменным током во всем диапазоне плотностей тока $K = 0,92$. [12]

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 190) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{190} = 2,38$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						22
		№ документа	Подпись	Дата		

Напряжение на дуге:

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (15)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 190 = 24 \text{ В}$$

Рассчитываем погонную энергию сварки:

$$q_{\Pi} = \frac{I_{CB} \cdot U_d \cdot \mu}{V_{CB}}, \quad (16)$$

где η – тепловой коэффициент полезного действия дуги, при сварке в среде защитных газов $\eta=0,7 \div 0,75$. [12]

$$q_{\Pi} = \frac{190 \cdot 24 \cdot 0,75}{0,58} = 5896 \text{ Дж/см}$$

Проверяем глубину проплавления:

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (17)$$

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{5896}{2,38}} = 4,03 \text{ мм}$$

Рассчитываем скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot V_{CB} \cdot F_H \cdot (1 + 0,01 \cdot \varphi_{\Pi})}{\pi \cdot d_{\text{э.п.}}^2} \quad (18)$$

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot 21 \cdot 17 \cdot (1 + 0,01 \cdot 3,8)}{3,14 \cdot 1,2^2} = 327 \text{ м/ч}$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						23
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 5 – Фрагмент ГОСТ 14771 – 76 тавровое соединение [30]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	S=S ₁	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Шва сварного соединения			Номин.	Пред.от кл.
T1			УП	5	0	+1,5

Расчет площади наплавленного металла производится по формуле: [11]

$$F_n = \frac{k^2}{2} + 0,73 \cdot e \cdot g \quad (19)$$

$$e = 1,41 \cdot k, \quad (20)$$

где e – ширина шва, мм;

g – усиление шва, мм.

Размер катета выбирается согласно таблице 6. [25]

Таблица 6 – Тип шва по количеству проходов при сварке в смеси газов

Тип шва по количеству проходов	Толщина металла стыкового шва S, мм	Катет K углового шва (мм) при положении	
		нижнем	«лодочка»
Однопроходный	0,8...8	1...8	5...11
Двухпроходный	3...12	1...8	5...11
Двусторонний многопроходный	13...120	9...60	12...60

Рассчитываем площадь наплавленного металла для соединения Т1:

$$F_H = \frac{5^2}{2} + 0,73 \cdot 1,41 \cdot 5 \cdot 1,5 = 20 \text{ мм}^2$$

Рассчитаем параметры режима сварки для соединений Т1 по тем же формулам (6)-(18).

Параметры режима сварки для таврового соединения Т1 следующие:

$$h_p = 3,5 \div 5,5 \text{ мм}$$

$$I_{св} = \frac{3,5}{2,10} \cdot 100 = 170 \text{ А}$$

$$j = \frac{4 \cdot 170}{3,14 \cdot 1,2^2} = 150 \text{ А/мм}^2$$

$$l_3 = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \div 14,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 170^{0,32} \cdot 14^{0,39} \cdot 1,2^{(-0,64)} = 15,59 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \frac{15,59 \cdot (100 - 3,8)}{100} = 15 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{св} = \frac{15 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,2} = 0,45 \text{ см/с} = 16 \text{ м/ч}$$

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 170) \cdot \frac{1,2 \cdot 22}{170} = 2,47$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 170 = 22 \text{ В}$$

$$q_{п} = \frac{170 \cdot 22 \cdot 0,75}{0,45} = 6233 \text{ Дж/см}$$

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{6233}{2,47}} = 4 \text{ мм}$$

$$V_{п.п.} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 20(1 + 0,01 \cdot 3,8)}{3,14 \cdot 1,4^2} = 188 \text{ м/ч}$$

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						25
		№ документа	Подпись	Дата		

Фактическая глубина проплавления получилась больше расчетной глубины проплавления, поэтому рекомендуем увеличить скорость сварки до 18 м/ч, тогда фактическая глубина проплавления будет равна 3,7 мм.

Таблица 7 – Фрагмент ГОСТ 14771 – 67 нахлесточное соединение [30]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	S=S ₁	b		B
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Шва сварного соединения			Но-мин.	Пред.от кл.	
Н1			УП	5	0	+1,0	3,0-20,0

Расчет площади наплавленного металла для нахлесточного соединения рассчитывается по следующей формуле: [11]

$$F_H = \frac{k^2}{2} + 1,05 \cdot k \quad (21)$$

где K – катет, мм;

Рассчитываем площадь наплавленного металла для соединения Н1:

$$F_H = \frac{5^2}{2} + 1,05 \cdot 5 = 18 \text{ мм}^2 = 0,18 \text{ см}^2$$

Параметры режимов сварки для нахлесточного соединения Н1 выглядят следующим образом:

$$h_p = 3,5 \div 5,5 \text{ мм}$$

$$I_{св} = \frac{4}{2,10} \cdot 100 = 190 \text{ А}$$

$$j = \frac{4 \cdot 190}{3,14 \cdot 1,2^2} = 168 \text{ А/мм}^2$$

$$l_3 = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \div 14,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 190^{0,32} \cdot 12^{0,39} \cdot 1,2^{(-0,64)} = 15,21 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \frac{15,21 \cdot (100 - 3,8)}{100} = 14,63 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{CB} = \frac{14,63 \cdot 190}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 0,54 \text{ см/с} = 19 \text{ м/ч}$$

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 190) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{190} = 2,38$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 190 = 24 \text{ В}$$

$$q_{II} = \frac{190 \cdot 24 \cdot 0,75}{0,54} = 6333 \text{ Дж/см}$$

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{6333}{2,38}} = 4,2 \text{ мм}$$

$$V_{п.п.} = \frac{4 \cdot 19 \cdot 18(1 + 0,01 \cdot 3,8)}{3,14 \cdot 1,2^2} = 314 \text{ м/ч}$$

Параметры режима сварки сводим в общую таблицу 8.

Таблица 8 – Режимы сварки в среде защитных газов

Соединение	$d_{э.п.}$ мм	$I_{св.}$ А	U_d , В	j , А/мм ²	α_H , г/А·ч	V_{CB} , м/ч	q_{II} , Дж/см	$V_{п.п.}$, м/ч
T1	1,2	170	22	150	15,01	16	6233	188
C2		190	24	168	14,63	21	7276	327
H1		190	24	168	14,63	19	6333	314

1.8 Выбор оборудования

Стан для правки двутавровой балки и швеллера

Стан (рисунок 5) способен править полки двутавровой балки толщиной до 40 мм, благодаря мощным двигателям прижимных роликов. Это позволяет обрабатывать большой диапазон двутавровых балок и швеллеров. Мощный привод обеспечивает плавную и бесперебойную работу стана на протяжении

всего срока эксплуатации. Благодаря сменным правильным роликам, а также осуществлению правки за один проход, обеспечивает быструю работу стана, повышая производительность. Технические характеристики представлены в таблице 9. [13]



Рисунок 5 - Стан для правки двутавровой балки и швеллера

Таблица 9 – Технические характеристики стана для правки двутавровой балки и швеллера

Параметр	Значение
Толщина полок обрабатываемой детали, м	0,006-0,04
Ширина полок обрабатываемой детали, м	0,2-0,8
Минимальная высота стенки балки, м	0,16
Максимальная высота стенки балки	Ограничена устойчивостью балки на рольганге
Минимальная длина балки, м	4
Максимальная длина балки, м	15
Скорость правки, м	18
Мощность двигателя прижима ролика, кВт	2x1,5
Общая мощность	27,2
Габаритные размеры станка, м	3,5x1,5x1,7
Вес, т	6,5

Дробеметная установка УИД – 6912

Дробеметная установка (рисунок 6) предназначена для очистки двутавра, швеллера, оснащена роликовым конвейером (рольгангом) с пылеуловителем. Комплект предназначен для качественной обработки поверхностей изделий произвольной формы: подготовка под покрытия, упрочнения изделий, очистки литья и сварки, очистки от коррозий и старого лакокрасочного покрытия. Дан-

ная установка оптимальна для обработки уголков, швеллеров, двутавров, балок, длинных металлоконструкций и т.п. Технические характеристики установки представлены в таблице 10. [14]



Рисунок 6 - Дробеметная установка УИД – 6912

Таблица 10 – Технические характеристики дробеметной установки УИД – 6912

Макс. Ширина профилей, мм	1200
Макс. Размер обрабатываемого изделия, мм	1400*1700
Длина обрабатываемого изделия, мм	1200*13000
Размер заготовки, мм	1200*1500
Скорость подачи (без нагрузки), м/мм	0,5-4
Расход дроби, кг/мин	8*180
Первая загрузка, кг	5000
производительность вытяжной вентиляции, м ³ /ч	22000
Общая мощность, кВт	130

Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY 810C

Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY 810C (рисунок 7) – двухколонный станок. Используя данную установку, можно проводить разрезание изделий из металла разных категорий сечения, полые, цельковые и профильные заготовки. Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY 810C выделяется своей монументальностью и крепостью каркаса. Пильная рама направляется вдоль по линии колонн, которые установлены по краям места разрезания. Благодаря этому, можно исключить вибрацию. А это гарант долгой службы. технические характеристики станка приведены в таблице 11. [15]



Рисунок 7 - Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY 810C

Таблица 11 – Технические характеристики Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY 810C

Мощность главного двигателя, кВт	4
Мощность гидромотора, кВт	1,5
Мощность насоса подачи СОЖ	0,12
Скорость движения полотна, м/мин	20-100
Размеры полотна, мм	8200x417x1,3
Рабочая высота, мм	585
Вес, кг	3068
Габариты, мм	3900x1200x2350

Углошлифовальная машина Bosch PWS 2000-230 JE, 2000 Вт, 230 мм

Углошлифовальная машина Bosch PWS 2000-230 JE (рисунок 8) – мощный агрегат профессионального уровня, предназначен для быстрой и легкой обработки материалов любой твердости. Благодаря совместимости с дисками большого диаметра (до 230 мм), данная болгарка эффективно шлифует, полирует, реет и зачищает заготовки. Технические характеристики приведены в таблице 12. [16]



Рисунок 8 - Углошлифовальная машина Bosch PWS 2000-230 JE

Таблица 12 – Технические характеристики углошлифовальной машины Bosch PWS 2000-230 JE

Мощность, Вт	2000
Диаметр диска, мм	230
Посадочный диаметр, мм	22.23
Число оборотов, об/мин	6500
Габаритные размеры, дшв, мм	558x154x172
Вес нетто, кг	4,47

Сварочный полуавтомат EWM TITAN QX 500 PULSE

Сварочный полуавтомат EWM TITAN QX 500 PULSE (рисунок 9) – модель, способная поддерживать различные методы сварки MIG/MAG. Электронный инвертор обеспечивает надежную подачу сварочного тока и экономии энергии. Новая инверторная технология Titan зарекомендовала себя при длительной работе в экстремальных условиях. Охлаждение полупроводников гарантирует особенно долгий срок службы сварочного аппарата.

Сварочный полуавтомат EWM TITAN QX 500 PULSE можно использовать в любых климатических условиях: в мороз, в жару, во время снега и дождя. Технические характеристики сварочного полуавтомата приведены в таблице 13. [17]



Рисунок 2 - Сварочный полуавтомат EWM TITAN QX 500 PULSE

Таблица 13 – Технические характеристики сварочного полуавтомата EWM TITAN QX 500 PULSE

Напряжение сети, В	380
Мах сварочный ток, А	500
Частота, Гц	50/60
Количество роликов, шт	4
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8-1,2
Диапазон регулировки сварочного тока, А	5-500
Напряжение холостого хода, В	82
Габариты, мм	1150x972x678
Вес, кг	128
Подающий механизм	выносной

Сварочный робот IGM RTi 496

Сварочный робот IGM RTi 496 (рисунок 10) имеет 6 степеней свободы, монтируется как в напольном, так и в подвесном положении. Данная модель идеально подходит для высокоточной дуговой сварки благодаря дополнительному вращающемуся основанию и удлиненному первому поворотному плечу.

Благодаря оптимальной геометрии осей и монтажу сварочной горелки на запястье робота, появляется большая рабочая зона и отличный доступ к шву. Технические характеристики представлены в таблице 14. [18]



Рисунок 10 - Сварочный робот IGM RTi 496

Таблица 14 – Технические характеристики сварочного робота IGM RTi 496

Вес, кг	275	
Номинальная нагрузка на запястье, кг	10	
Подача сварочного тока	Внутри первой оси робота и поворотного основания	
Область охлаждения	Контур охлаждающей жидкости доходит до газового сопла горелки	
Радиус рабочей зоны, мм	2500	
Диапазон вращения		Скорость
Ось 1	-270°/+270°=540°	135°/с
Ось 2	-156°/+86°=242°	144°/с
Ось 3	-135°/+145°=280°	191°/с
Ось 4	-185°/+185°=370°	221°/с
Ось 5	-126°/+126°=252°	276°/с
Ось 6	-370°/+370°=740°	353°/с

Ультразвуковой дефектоскоп УД2 – 70

Ультразвуковая дефектоскопия - способ неразрушающего контроля, основанный на исследовании процесса распространения в контролируемом изделии ультразвуковых волн с частотой 0,5-25МГц с помощью специального оборудования – ультразвукового преобразователя и дефектоскопа.

Звуковые волны не изменяют траектории движения в однородном материале. Отражение волн происходит от границы раздела сред с различными удельными сопротивлениями. Чем больше различаются сопротивления, тем большая часть волн отражается от границы раздела сред.

Способность выявлять мелкие дефекты отдельно друг от друга определяется длиной звуковой волны, которая зависит от частоты ввода звуковых колебаний. Чем больше частота, тем меньше длина волны.

Ультразвуковой контроль не разрушает и не повреждает исследуемый образец, что является его главным преимуществом. Данный способ обладает высокой скоростью исследования при низкой стоимости и опасности для человека и высокой мобильностью ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковой контроль (рисунок 11) является обязательной процедурой при изготовлении и эксплуатации многих ответственных изделий. Технические характеристики представлены в таблице 15. [19]



Рисунок 11 -Ультразвуковой дефектоскоп УД2 – 70

Таблица 15 – Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2 – 70

Рабочие частоты, МГц	1,25; 1,8; 2,5; 5; 10
Диапазон контроля, мм	0...5000
Динамический диапазон усиления приемного тракта, дБ	100
Динамический диапазон временной регулировки чувствительности, дБ	60
Масса дефектоскопа, кг	3,5
Габаритные размеры, мм	245x145x75

Сварочный источник питания ESAB Aristo Mig U5000i/U5000iw

Компактный и крепкий инвертор, сделан из алюминиевого штампованного профиля. Источник питания (рисунок 12) базируется на IGBT технологии, которая позволяет обеспечить надежность оборудования за счет высочайшего уровня сварки. Контроль и взаимодействие системы позволяют уменьшить ко-

личество кабелей, что увеличивает эксплуатационную надежность оборудования.

Сварочный источник, используемый для различных процессов MIG/MAG сварки, импульсивная MIG-сварка, MMA и строжка угольной дугой.

Технические характеристики представлены ниже в таблице 16. [20]

Таблица 16 – Технические характеристики источника питания ESAB Aristo Mig U5000i/U5000iw

Входное напряжения	460 В, 3 фазы, 60 Гц
Плавкий предохранитель	35
Диапазон токов	
MIG, A/V	16-500/8-60
Stick DC, A	16-500
TIG DC, A	4-500
Коэффициент мощности:	
60% рабочий цикл, A/V	500/39
100% рабочий цикл, A/V	400/34
Напряжение холостого хода	68-88 В
Режим энергосбережения	50 Вт
Потребляемая мощность	23 кВт
Коэффициент мощности при максимальном токе	0,85
Напряжение управления	42,50/60
Размеры, мм	625x394x496
Размеры с модулем жидкостного охлаждения, мм	625x394x776
Класс защиты	IP 23
Диапазон рабочей температуры	-10 до +40
Вес, кг	69
Класс применения	S
Блок водяного охлаждения	
Охлаждающая способность, W,l/min	2500 до +40°C, 1,5
Объем охладителя	5,5
Максимальный поток	2,0
Максимальное давление	50 (3,4)
Вес	20
Размеры, мм	25x16x11



Рисунок 3 - Источник питания ESAB Aristo Mig U5000i/U5000iw

Сварочная горелка IGM RT 2

Сварочная горелка (рисунок 13) разработана специально для роботизированной сварки (рисунок). [21]

Особенности горелки:

- встроенный продувочный порт может быть использован для охлаждения и/или чистки наконечника горелки;
- прочные детали, тело горелки и запасные детали;
- легкая сменная система горелки;
- переплетенные газовые сопла с дополнительным зажимом для лучшей теплоотдачи продлевают срок службы;
- оптимизированный газовый поток способствует получению стабильной сварочной дуги.



Рисунок 43 - Сварочная горелка IGM RT 2

1.9 Технология сборки и сварки рамы весов

Технология сборки и сварки рамы весов представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Технологическая последовательность изготовления рамы весов

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Транспортировка	Доставка швеллера и двутавра со склада на заготовительные участки цеха	Кран балка 5т
2	Правка и очистка	Предварительная правка металлоконструкций от изгибов, волнистостей, и тд. Очистка швеллера и двутавра от ржавчины и грязи	Стан для правки двутавровой балки Дробеметная установка УИД - 6912
3	Разметка	Разметка деталей согласно размерам, представленным на чертеже	Комплект измерительных приборов ГОСТ 7644 – 80, рулетка с измерительным диапазоном до 5 м, чертилка, маркер - краска
4	Резка	Разрезаем швеллер по размерам	Ленточнопильный станок Века – Мак BMSY
5	Зачистка	Зачищаем кромки от заусенец, подготавливаем заготовки к сварке	Углошлифовальная машина Bosch PWS 2000-230 JE
6	Контроль геометрических размеров	Осуществляем контроль формы и размеров деталей согласно чертежам детализовки	Комплект измерительных приборов ГОСТ 7644 – 80, рулетка с измерительным диапазоном до 5м.
7	Сборка, сварка и контроль сборки	<ul style="list-style-type: none"> Устанавливаем двутавры в основание, образуя каркас 	Сварочный полуавтомат EWM TITAN QX 500 PULSE. Режим для при

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
		<ul style="list-style-type: none"> • Проверяем зазоры, ставим прихватки • Перемещаем каркас на кантователь, фиксируем его. • Запускаем программу сварки и даем роботу определить местонахождение детали по трем точкам на каждом углу • Производим пробное перемещение сварочной головки, контролируя смещение положения проволоки относительно центра разделки стыка свариваемых кромок. • Производим сварку на режимах для С2 • Переворачиваем изделие, производим настройку робота, провариваем с обратной стороны • Переворачиваем изделие • Устанавливаем поперечные швеллеры, учитывая зазоры • Ставим прихватки • Проверяем работу робота, устанавливаем режим сварки для соединения Т1 • Переворачиваем деталь, провариваем с обратной стороны • Переворачиваем изделие • Устанавливаем продольные швеллера, учитывая зазоры • Ставим прихватки • Настраиваем робота и режимы сварки для соединения Н1 • Производим сварку • Переворачиваем 	<p>хваток: $d_э = 1,2$ мм, $I_{св} = 170$ А, $l_э = 12$ мм, $V_{п.п.} = 59$ м/ч, $V_{св} = 24$ м/ч, Длина прихватки 25 мм., шаг 50-150 мм. Сварочный робот IGM RTi 496 – серии. Режимы для сварки швов: С2: $I_{св} = 190$ А; $U_{д} = 24$ В; $d_э.п. = 1.2$ мм; $V_{св} = 17$ м/ч; $V_{п.п.} = 327$ м/ч Т1: $I_{св} = 170$ А; $U_{д} = 22$ В; $d_э.п. = 1.2$ мм; $V_{св} = 16$ м/ч; $V_{п.п.} = 188$ м/ч Н1: $I_{св} = 190$ А; $U_{д} = 24$ В; $d_э.п. = 1.2$ мм; $V_{св} = 19$ м/ч; $V_{п.п.} = 314$ м/ч Источник питания ESAB Aristo Mig U5000i/U5000iw Сварочная горелка IGM RT 2 Кантователь Универсальный шаблон сварщика Визуально-измерительный контроль</p>

Окончание таблицы 17			
1	2	3	4
		изделие и провариваем с обратной стороны	
8	Зачистка	Удаляем окалины, брызги, шлак	Углошлифовальная машина Bosch PWS 2000-230 JE
9	Контроль готового изделия	Производим визуальный и ультразвуковой контроль формы шва, отсутствие подрезов, трещин, наличие внутренних и внешних дефектов	Ультразвуковой дефектоскоп УД2 – 70 Визуальный контроль
10	Складирование	Готовую раму весов отправляем на склад готовой продукции	Кран-балка 5т

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						39
		№ документа	Подпись	Дата		

2 Методический раздел

В части дипломной работы, посвященной технологиям, разработана технология сборки и сварки рамы весов. Роботизированный сварочный комплекс должен заменить полуавтоматическую электродуговую сварку. разумеется, для осуществления данной технологии предложена замена прежнего сборочного и сварочного оборудования на современной, а именно – в процессе сварки используются сварочные роботы. И, конечно, здесь необходимо особо подчеркнуть, что для реализации данной технологии необходима специальная подготовка рабочих и эксплуатации наладки, обслуживанию и ремонту технологически сложного оборудования.

Отметим, что к процессу сварки по новой технологии допущены рабочие, имеющие 3 уровень квалификации по профессии "Оператор роботизированной сварки", тогда как в прежней, базовой технологии, работы могли были быть выполнены рабочими 4 уровня квалификации по профессии "сварщик частично механизированной сварки плавлением". Исходя из вышесказанного, представляется целесообразной разработка и реализация программы переподготовки рабочих в рамках промышленного предприятия.

Для создания такой программы необходимо проанализировать профессиональный стандарт, который на сегодня является формной определения квалификации работника, отличающегося от прежнего единого тарификационного справочника работ и рабочих профессий.

Можно отметить, что профессиональные стандарты применяются:

- их используют работодатели, когда дело касается работы с кадрами, управления ими, проведения процедуры аттестации, направления работников на учебу, присвоения им тарификационных разрядов и установления оплаты их труда в соответствии с условиями и особенностями производства;
- Данные стандарты лежат в основе разработки образовательных программ образовательных организаций, реализующих профессиональное образование;
- На них же опираются и новые стандарты профессионального образования, разрабатываемые Федеральными органами и министерствами.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						40
		№ документа	Подпись	Дата		

2.1 Сравнительный анализ профессиональных стандартов

Рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. №14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 12.02.2014 г., рег. № 31301) [22]

2. Профессиональный стандарт «Сварщик – оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426). [23]

Рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-квалификационного уровня). В базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 18 приведены выписки из профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня квалификации) и «Оператор роботизированной сварки» (уровень квалификации 3).

Таблица 18 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го квалификационного уровня) и «Оператор роботизированной сварки» (уровень квалификации 3)

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор роботизированной сварки
1	2	3
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением ответственных и сложных конструкций (изделий, узлов, оборудования, деталей, трубопровода) из различных материалов (сталей, цветных металлов, чугунов, сплавов), предназначенных для работы под давлением, под динамическими, статическими и вибрационными нагрузками.	Полностью роботизированная сварка

Продолжение таблицы 18

1	2	3
	<p>нием Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, назначение и условия работы контрольно – измерительных приборов, правил их эксплуатации и область применения</p>	<p>рольно – измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения Сварочные материалы для роботизированной сварки Основные группы и марки свариваемых материалов Требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции Виды и назначение сборочно – сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку</p>
Другие характеристики	<p>Область распространения РАД в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с ручной подачей присадочного материала: сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе с присадочным сплошным материалом (проволокой или стержнем); сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе без присадочного материала; сварка дуговая вольфрамовым электродом с присадочным порошковым материалом (проволокой или стержнем) в инертном газе; сварка дуговая вольфрамовым электродом с присадочным порошковым материалом (проволокой или стержнем) в инертном газе с добавлением восстановительного газа.</p>	
Характеристики выполняемых работ	<p>Прихватка элементов конструкции РАД во всех пространственных положениях сварного шва, кроме потолочного, РАД в нижнем,</p>	

Окончание таблицы 18

1	2	3
	вертикальном и горизонтальном пространственном положении сварного шва простых деталей из углеродистых и конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под статическими нагрузками	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня квалификации) и «Оператор роботизированной сварки» является следующее:

Необходимые знания:

- основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах;
- устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правил их эксплуатации;
- сварочные материалы для роботизированной сварки;
- основные группы и марки свариваемых материалов;
- требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции;
- виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей под роботизированную сварку;
- требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля;
- виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения;
- технология роботизированной сварки;

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						44
		№ документа	Подпись	Дата		

- основы программирования работы: основные системы робота, программное обеспечение, система питания; основные настройки подготовки робота, понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие принципы написания, программное обеспечение робота, работа с различными инструментами, использование программ для поиска положения свариваемой детали, написание простых программ для сварки;
- правила технической эксплуатации электроустановок;
- требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

Необходимые умения:

- определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку;
- применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку;
- проверять систему безопасности сварочного оборудования перед началом сварки;
- применять программное обеспечение для роботизированного сварочного оборудования под конкретные условия сварки;
- запускать и проверять траекторию манипулятора (робота) по заданной траектории без выполнения сварки
- пользоваться техникой роботизированной сварки по соответствующему процессу сварки;
- контролировать процесс роботизированной сварки и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения;
- выполнять мероприятия, направленные на устранение аварийной ситуации при использовании оборудования для роботизированной сварки;
- прогнозировать возникновение нештатных ситуаций в зависимости о положения робота;

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						45
		№ документа	Подпись	Дата		

- применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствующие требования конструкторской и производственно - технической документации;
- владеть техникой полностью роботизированной сварки.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

2.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки»

Составными частями учебного плана, по требованиям Института развития профессионального образования, являются перечень и очередность изучаемых предметов, сбалансированное распределение времени между теорией и практикой, расписание консультаций и описание квалификационного испытания.

В теоретический курс должны быть включены экономический, общепромышленный и специальный курсы, соотношение времени, выделяемого на теорию и практику определяется сложностью профессии, спецификой и сроками обучения группы рабочих.

Количество и продолжительность консультаций зависит от необходимости данного вида занятий. Что касается квалификационного испытания, представляется разумным в устной его части проведение собеседования со слушателем программы в течение 15 минут, сама работа может быть выполнена в рамках практических занятий.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки», который представлен в таблице 19. Продолжительность обучения 1 месяц.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						46
		№ документа	Подпись	Дата		

Окончание таблицы 20

1	2	3
3	Дополнительное оборудование	2
3.1	Сварочные материалы	4
4	Технология запуска и настройки роботизированной установки	8
5	Сварные конструкции	2
6	Техника безопасности при работе на роботизированном комплексе	1
	Итого:	30

В данной программе предусматривается изучение видов оборудования для роботизированной сварки, устройство работы и эксплуатации данного оборудования, технологий использования данного вида сварки, технология настройки и запуска оборудования, подбор материалов, а также техника безопасности при работе с роботизированным комплексом.

2.4 Разработка плана – конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» разработана методика проведения урока. Конспект плана – урока представлен в таблице 21. [24]

Тема урока «Роботизированная сварка: технология, особенности применения»

Цель занятия:

Обучающая: сформировать знания о роботизированной сварке, объяснить правила настройки робота, научить правильно организовывать рабочее пространство, повторить ранее изученный материал;

Развивающая: развить техническое и логическое мышление, память, внимание.


Воспитательная: воспитать ответственность и бережное отношение к оборудованию.

Тип урока: комбинированный урок.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно - иллюстративный.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						48
		№ документа	Подпись	Дата		

Продолжение таблицы 21

1	2	3
	 <p>Обратите внимание на плакат, как выглядит установка, которая сваривает изделия без особого вмешательства человека.</p> <p>Главным достоинством сварки является ее высокая точность, что позволяет добиться точности позиционирования сварочной горелки порядка 0,03-0,05 мм, и выполнить большое количество сварочных задач.</p> <p>Самым главным минусом робота является недостаточно точное позиционирование детали, то есть робот не может самостоятельно изменить траекторию и найти правильную точку для сварки.</p> <p>Очень важно устанавливать деталь в правильном положении, в противном случае необходимо применить методы коррекции сварочной траектории.</p> <p><i>Следующий подзаголовок «Правила установки изделия»</i></p> <p>Сварочная оснастка должна фиксировать обрабатываемую заготовку на устройстве позиционирования и представлять роботам свободный доступ к местам сварки. Нельзя использовать сварочную оснастку как инструмент правки геометрии обрабатываемой заготовки. Исключением может служить использование гидравлического зажима, который не только фиксирует изделие, но позволяет выдерживать геометрию заготовки при сварке.</p> <p><i>Подзаголовок «Настройка робота»</i></p> <p>Помимо высокого качества заготовки и правильного ее позиционирования, обязательным условием является калибровка робота. Калибровка включает в себя 3 этапа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. калибровка осей, включая внешние; 2. настройка координат инструмента; 3. настройка координат окружения 	<p>Проговариваю название подзаголовка</p> <p>Обращаю внимание обучающихся на правильной установке изделия</p> <p>Новый подзаголовок</p> <p>Рассказываю о настройке робота</p> <p>Поясняю разницу калибровок</p>

Продолжение таблицы 21

1	2	3
	<p>Калибровку осей производят единожды перед первым запуском системы и регулярно проверяют во время планового техобслуживания. Калибровка инструмента необходима для связи между инструментальной и базовой системами координат робота-манипулятора. Данной настройкой достигается точное движение горелки по заданной траектории. Настройка окружения необходима для создания виртуальной модели сварочного комплекса в системе подготовки управляющих программ.</p> <p><i>Подзаголовок «Организация рабочего пространства»</i></p> <p>Размещение и планировка места для комплекса требует особого внимания.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. необходимо предусмотреть специальные буферные зоны для изделий после сварки. 2. основание для комплекса должны быть из качественного бетонного пола, толщина которого не должна быть менее 300мм, с перепадами, не превышающими 5 мм на 1000мм. 3. важно предусмотреть подводку осушенного воздуха, а при проектировании электропитания – использование стабилизаторов. <p><i>Подзаголовок «Контроль сварочного цикла»</i></p> <p>Для того чтобы иметь возможность осуществлять контроль над сварочным циклом, важно представлять весь набор операций сварочного комплекса и знать, сколько по времени длятся эти операции. Этот набор данных удобно будет использовать в виде циклограммы, которая позволит выявить узкие места в работе комплекса и понять, насколько хорошо вписывается определенная операция в производственный процесс.</p> <p>Для анализа можно выделить следующие временные интервалы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. доставка заготовок для сварки до буферного склада 2. извлечение заготовок из буфера 3. закладка заготовок в оснастку 4. позиционирование и перемещение заготовок 5. сварочный процесс 7. извлечение готовых деталей из оснастки 8. помещение деталей в буфере 	<p>Записывают новый подзаголовок Обращаю внимание на размещение робота</p> <p>Проговариваю новый подзаголовок Рассказываю о настройке робота</p> <p>Даю пример сварочного цикла</p>

Окончание таблицы 21

1	2	3
	9. удаление из буфера 10. сервисные операции. Важно на этапе проектирования рассчитать оптимальную схему работы роботизированного комплекса, которая сводила к минимуму простой робота и справлялась с тем количеством заготовок, которые приходят с предыдущих производственных узлов.	
Контроль усвоения материала 7 минут	Давайте проверим, как вы усвоили сегодня материал. Прошу ответить мне на вопросы Каким главным достоинством обладает роботизированная сварка? На что нужно обращать внимание для точной работы комплекса? Что включает в себя настройка роботоманипулятора? Что требуется учесть при организации рабочего места? Как организовать рабочий цикл робота?	Проверяю усвоение нового материала, путем проведения фронтального устного опроса. отвечающих отмечая в журнале
Выдача домашнего задания 3 минуты	Домашнее задание, учебник Климов А.С. Роботизированные технологические и автоматические линии, параграф 7 прочитать, повторить еще раз информацию, что мы прошли сегодня на занятии. Параграф 8-9 выписать определения, ответить письменно на 1.3.5.6 вопросы после параграфа. На следующем занятии тетради сдаете.	Диктую домашнее задание. Записываю на доске. Даю подробное пояснение, предупреждаю о проверке тетрадей на следующем занятии
Подведение итогов 2 минуты	Сегодня отлично поработали, вы были активными, хорошо приняли новый материал. За такую работу можно поставить оценки. Спасибо за занятие, всего доброго!	Подводим итоги занятия, выставляю оценки, прощаюсь.

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;

– разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;

– разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической роботизированной сварки», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						53
		№ документа	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработали и применили роботизированный комплекс для повышения технологического уровня сварочного производства.

Для применения роботизированного комплекса разработали технологический процесс изготовления рамы весов и решили ряд задач:

- проанализировали условия работы рамы весом;
- в качестве основного материала применяем сталь 15Г2СФ, вспомогательного металла – проволока Св-08Г2С, защитный газ Corgon 20;
- рассчитали режимы сварки для соединений.
- разработали и составили технологический процесс сборки и сварки рамы весов, в котором последовательно описали этапы изготовления изделия, заготовительный этап, сборку и сварку изделия;

В методической части изучили и проанализировали характеристику рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки»:

- составили учебный план для переподготовки электросварщиков на сварщиков – операторов;
- разработали тематический план по предмету «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология».

В завершении, можно сделать вывод, что данная разработанная технология сборки и сварки рамы весов роботизированным технологическим комплексом успешно применена и является актуальной для производства рамы весов.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						54
		№ документа	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Зубенко А.С. Марочник сталей и сплавов [Текст] / А.С. Зубенко. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 2 Винокурова В.А. Справочник сварки в машиностроении: В 4-х т. [Текст] / под ред. В.А. Винокурова. – М.: Машиностроение, 1979.
Т.1. – 504 с.
Т.2. – 462 с.
Т.3. – 567 с.
- 3 Верховенко Л.В. Справочник сварщика / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин.: 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.
- 4 Экспериментальные и расчетные методы оценки склонности наплавленного металла к образованию горячих и холодных трещин [Электронный ресурс]: Методологическое пособие, Рецензент: к.т.н., доцент В.Н. Арисова / Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5885111/> (дата обращения 12.03.2019)
- 5 Федосов С.А. Основы технологии сварки: учебное пособие [Текст] / С.А. Федосов, И.Э. Оськин. – М.: Машиностроение, 2011. – 125 с.
- 6 Лупачёв В.Г. Ручная дуговая сварка [Текст] / В.Г. Лупачёв.: 4-е изд. – Минск.: Высш. шк., 2014. – 416 с.
- 7 Швец М.Я. Технология и оборудование сварки. Методические указания к лабораторной работе [Текст] / М.Я. Швец, В.П. Делис. – Омск.: СибАДИ, 2009. – 20 с.
- 8 Кононенко В.Я. Сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродом [Текст] / В.Я. Кононенко. – Киев.: ТОВ «Ника-Принт»., 2007. – 266 с.
- 9 Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом [Текст] / А.Г. Потапьевский А.Г. / М.: Машиностроение, 1974. – 283 с.
- 10 Панов В.И. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» [Текст] / В.И. Панов, Л.Т. Плаксина, С.А. Задорина – Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф. пед. университет», 2008. – 38 с.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						55
		№ документа	Подпись	Дата		

11 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник для студентов ВУЗов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

12 Linde УРАЛТЕХГАЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.linde-gas.ru/ru/> (дата обращения 15.05.2019)

13 РОССТАНКОМАШ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.росстанкомаш.рф/catalog/stan-dlya-pravki-polok-dvutavrovoy-balki> (дата обращения 15.05.2019)

14 УРАЛ ИНДУКТОР [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://uralinduktor.ru/products/drobemetnoe-oborudovanie/drobemetnye-ustanovki-dlya-ochistki-shvellera-dvutavra-i-sorta/> (дата обращения 15.05.2019)

15 ENERGOSTAN [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.energostan.ru/catalog/stanki/lentochnopilnyie_stanki/poluavtomaticheskiiy_lentochnopilnyi_stanok_Beka-Mak_BMSY_810_s/ (дата обращения 15.05.2019)

16 LEROY MERLIN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ekaterinburg.leroymerlin.ru/product/ugloshlifovalnaya-mashina-bolgarka-bosch-pws-2000-230-je-16945332/#nav-characteristics> (дата обращения 15.05.2019)

17 WELD PROM [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://weldprom.ru/svarochnyj-poluavtomat-ewm-titan-500-xq-puls#opisage> (дата обращения 15.05.2019)

18 Центр сварки WETECH [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://wetech.ru/catalog1/robotizaciya/svarochnyj_robot_igm_rti_400-serii/ (дата обращения 15.05.2019)

19 NOVOTEST Приборы и системы неразрушающего контроля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://novotest-russia.ru/defektoskopy-ultrazvukovye/ultrazvukovoj-defektoskop-novotest-ud2301> (дата обращения 15.05.2019)

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						56
		№ документа	Подпись	Дата		

20 ESAB [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://a-svarka.ru/svarka/files/robotic_welding_solutions_catalogue_022113_rus.pdf (дата обращения 15.05.2019)

21 Центр сварки WETECH [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://wetech.ru/catalog1/aksessuary/gorelki_dlya_svarki_mig-mag/ (дата обращения 15.05.2019)

22 Профессиональный стандарт «Сварщик» код 40.002, рег. №14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России, рег. № 31301 от 12.02.2014 г., Режим доступа - <https://classinform.ru/profstandarty/40.002-svarshchik.html> (дата обращения 15.05.2019)

23 Профессиональный стандарт «Сварщик – оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России, рег. № 40426 от 31.12.2015 г., Режим доступа - <https://classinform.ru/profstandarty/40.109-svarshchik-operator-polnostiu-mehanizirovannoi-avtomaticheskoi-i-robotizirovannoi-svarki.html> (дата обращения 15.05.2019)

24 Костенко Е.М. Сварочные работы. Настольная книга электрогазосварщика [Текст] / Е.М. Костенко – М.: издательство НЦ ЭНАС, 2005 – 240 с.

25 Федулова М.А. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы / М.А. Федулова, Д.Х. Билалов. / Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2016. – 49 с.

26 Промышленное оборудование Вектор групп [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vektor-grupp.ru/articles/1114/> (дата обращения 07.06.2019)

27 ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 46 с.

28 ГОСТ 2050-76. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – Введ. 1978-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 22 с.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						57
		№ документа	Подпись	Дата		

29 ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – Введ. 1973-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. – 17 с.

30 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные размеры и элементы. – Введ. 1977-06-30. – М.: Стандартиформ, 2007. – 37 с.

31 ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. – Введ. 1982-07-01 – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 34с.

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						58
		№ документа	Подпись	Дата		

Приложение А

					ДП 44.03.04. 076 ПЗ	Лист
						59
		№ документа	Подпись	Дата		