

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ СВАРКИ ЛОНЖЕРОНА**

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: 072

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 ТЕХНОЛОГИИ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ**  
**ДЛЯ СВАРКИ ЛОНЖЕРОНА**

Исполнитель:  
студент группы СМ-401п \_\_\_\_\_ А.И. Беляева

Руководитель:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Д.Х. Билалов

Нормоконтролер:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Л.Т.Плаксина

Екатеринбург 2019

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект представлен пояснительной запиской на 70 листах, графической частью на 6 листах чертежей и плакатов, 19 таблицами, 18 рисунками, 33 литературными источниками.

Ключевые слова: ЛОНЖЕРОН, СТАЛЬ 15ХСНД, РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ГАЗОВАЯ СМЕСЬ К-20, ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И СВАРКИ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

Беляева А.И. Разработка технологии и подбор оборудования для сварки лонжерона / А.И.Беляева; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, каф. Инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 70 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии и подбор оборудования для сварки лонжерона».

2. Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления лонжерона с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

3. В дипломном проекте в технологической части будет разработан технологический процесс изготовления лонжерона, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; методическая часть – проектирование программы переподготовки рабочих, которые смогут осуществлять спроектированную технологию производства лонжерона.

4. Результаты данной работы могут быть использованы при изготовлении лонжеронов.

					<i>ДП 44.03.04. 072 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Беляева А.И.			Разработка технологии и подбор оборудования для сварки лонжерона Пояснительная записка			
<i>Руковод.</i>		Билалов Д.Х.					3	70
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Плаксина Л.Т.						
<i>Утверд</i>		Гузанов Б.Н.						
					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. СМ-401п			

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Технологический раздел.....	7
1.1 Описание конструкции .....	7
1.2 Характеристика конструкционного материала.....	7
1.3 Свариваемость стали 15ХСНД .....	8
1.4 Выбор способа сварки .....	13
1.5 Выбор сварочных материалов .....	19
1.6 Заготовительные операции.....	22
1.7 Расчет режимов сварки.....	26
1.8 Технология сборки и сварки лонжерона .....	35
1.9 Выбор механического и сборочно-сварочного оборудования, его технические характеристики.....	37
1.10 Контроль качества готового изделия .....	45
2 Методический раздел.....	49
2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	49
2.2 Разработка учебного плана переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» .....	55
2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология» .....	56
2.4 Разработка плана-конспекта урока.....	57
Заключение .....	66
Список использованных источников .....	67
Приложение А Спецификация.....	71

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						4
		№ документа	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, в современном мире, уже мало кто выступает за сохранение устаревших технологий производства. Приверженцы старых, привычных технологий ложно убеждены в том, что автоматизация – это очень затратное мероприятие, которое не даст изменений.

Зачем же нужна автоматизация производства? Реализация автоматизированной системы управления – это некий способ повышения эффективности производства, при котором максимально сокращается доля ручного труда, устаревшее оборудование заменяют на современное, а качественные характеристики выпускаемой продукции значительно возрастают.

Автоматизация производства позволяет рационально использовать как производственные, так и человеческие ресурсы – работнику не нужно выполнять трудоемкие и вредные операции, вместо этого он осуществляет мониторинг, управление и контроль. Автоматизация становится главной причиной роста производительности труда, снижения затрат и улучшения качества продукции. Даже несмотря на высокую стоимость оборудования, мы все равно получаем хорошую эффективность, ведь процент бракованной продукции при автоматизации производства стремится к нулю.

Дипломный проект посвящен сборке и сварке лонжерона с помощью автоматической сварки в среде защитных газов.

Исходя из этого, главная задача проекта – разработать технологию и подобрать оборудование для сварки лонжерона для реализации и применения предлагаемой технологии на предприятии.

*Объектом* разработки является технология изготовления лонжерона.

*Предметом* разработки является процесс сборки и сварки лонжерона.

*Цель* дипломного проекта – разработать технологический процесс изготовления лонжерона с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						5
		№ документа	Подпись	Дата		

- провести анализ металлоконструкции и условия ее работы;
- подобрать конструкционный материал (сталь) и дать характеристику по свариваемости;
- выбрать и обосновать способ сварки и сварочные материалы;
- произвести необходимые расчеты режимов сварки;
- разработать технологию сборки и сварки лонжерона;
- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать программу переподготовки рабочих по профессии «Сварщик частично механизированной сварки» на «Оператор автоматической сварки плавлением».

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						6
		№ документа	Подпись	Дата		

# 1 Технологический раздел

## 1.1 Описание конструкции

Лонжерон является основным силовым элементом конструкции многих инженерных сооружений (например, автомобилей, самолетов, кораблей, вагонов, мостов и др.), который располагается по длине конструкции. На рисунке 1 представлен эскиз лонжерона.

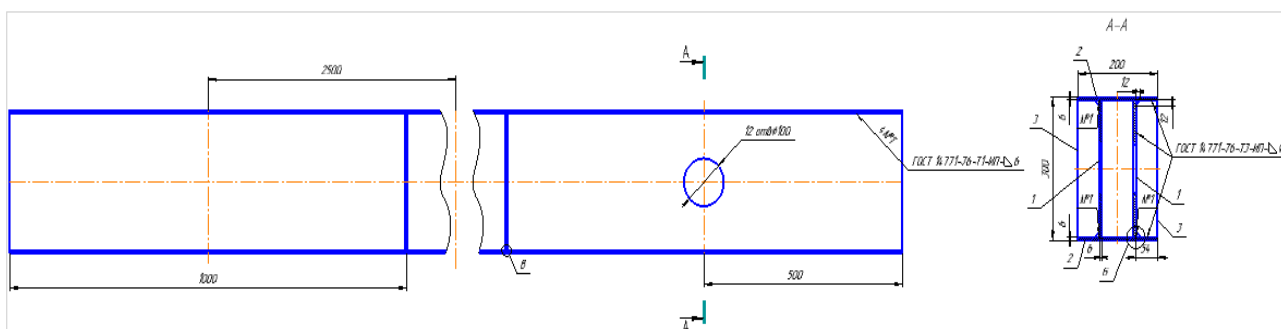


Рисунок 1 – Эскиз лонжерона

Лонжероны применяются в рамных конструкциях. Рама служит непосредственно для установки и крепления кузова и всех систем и механизмов автомобиля, а также является ответственной частью автомобиля. Она работает в тяжелых условиях, воспринимая все вертикальные нагрузки от массы автомобиля, скручивающие и толкающие усилия, возникающие при движении.

## 1.2 Характеристика конструкционного материала

Для изготовления лонжерона была выбрана сталь марки 15ХСНД.

Сталь 15ХСНД – конструкционная низколегированная для сварных конструкций хромокремненикелевая с медью.

Данная марка стали используется для элементов металлоконструкций и различных деталей, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости и работающие при температуре от -70 до +450°C. [1]

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						7
		№ документа	Подпись	Дата		

В таблице 1 представлен химический состав стали 15ХСНД согласно ГОСТ 19281-89.

Таблица 1 – Химический состав стали 15ХСНД, % [25]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,3-0,6	до 0,04	до 0,035	0,6-0,9	до 0,008	0,2-0,4	до 0,08

Низколегированная сталь способная выдерживать эксплуатационную температуру до 200°С, из нее изготавливают хирургические инструменты, инструменты для ювелиров, а также бритв и лезвий.

Несмотря на небольшое количество легирующих веществ в составе стали, из нее удается получить по настоящему прочный металл. Это возможно благодаря положительным свойствам хрома, никеля и молибдена, которые существенно улучшают характеристики низколегированной стали. Также хром и никель улучшают антикоррозионные свойства низколегированных сталей.

Сталь 15ХСНД имеет следующие механические свойства при температуре 20°С, представленные в таблице 2. [1]

Таблица 2 – Механические свойства стали 15ХСНД

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
345-540	490-690	21

где  $\sigma_T$  – предел текучести;

$\sigma_B$  – предел кратковременной прочности;

$\delta$  – относительное удлинение.

### 1.3 Свариваемость стали 15ХСНД

Свариваемость стали – это комплексная технологическая характеристика металлов и сплавов, которая выражает реакцию свариваемых материалов на процесс сварки и определяет техническую пригодность материала для выполнения сварных соединений.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						8
		№ документа	Подпись	Дата		



Сварка низколегированных сталей нашла широкое применение при изготовлении конструкций в строительстве. Это связано с тем, что низколегированные конструкционные стали обладают повышенной прочностью, благодаря чему получают металлоконструкции облегченными и более экономичными.

Сталь 15ХСНД сваривается без ограничений, малосклонна к отпускной хрупкости, возможна сварка РДС и АДС под флюсом и газовой защитой, а также ЭШС.

#### *Оценка склонности стали к образованию горячих трещин*

Горячие трещины – это хрупкие межкристаллитные разрушения шва и зоны термического влияния, которые возникают в твердо-жидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии.

Самая распространенная причина образования горячих трещин – невозможность свариваемого металла пластически деформироваться при высоких температурах.

После охлаждения металла шва и околошовной зоны происходит возникновение и развитие усадочных напряжений. Подобные напряжения деформируют металл и растягивают его. И, когда деформационная способность металла слишком мала, в нем начинают появляться несплошности.

Горячие трещины при сварке появляются в том случае, когда соединение находится в двухфазном состоянии, то есть по границам кристаллизовавшихся зерен еще находится некоторое количество жидкого металла.

Риск образования горячих трещин также зависит от скорости деформации и от наличия вредных примесей в материале (фосфор, сера).

Методы для обнаружения горячих трещин:

- гидравлические испытания (полость детали заполняется водой или дизельным топливом, создается давление и после выдержки проводят осмотр детали, о наличии трещин судят по подтеканию жидкости);
- метод керосиновой пробы (Поверхность детали смачивают керосином, после выдержки в 1-2 минуты поверхность протирают насухо и покрыва-

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						9
		№ документа	Подпись	Дата		

ют мелом. Керосин, проникший в трещины, выступает на поверхность мелового покрытия, четко определяя границы трещин.);

- люминесцентный метод (основан на способности некоторых веществ светиться под воздействием ультрафиолетовых лучей);
- намагничивание;
- ультразвуковой метод (основан на способности ультразвука при прохождении через металл отражаться от границы раздела двух сред, в том числе и от дефекта).

Склонность сталей к образованию горячих трещин оценивается по показателю Уилкинсона:

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

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

Рассчитаем по формуле (1) склонность стали 15ХСНД к образованию горячих трещин:

$$H. C. S. = \frac{0,15 \cdot \left( 0,04 + 0,035 + \frac{0,55}{25} + \frac{0,45}{100} \right) \cdot 1000}{3 \cdot 0,55 + 0,75} = 6,3$$

Исходя из полученного значения показателя Уилкинсона, можно сделать вывод, что сталь 15ХСНД склонна к образованию горячих трещин.

Из литературных источников [2] известно, что данная сталь склонна к образованию холодных и горячих трещин при толщине более 20 мм. В представленной работе максимальная толщина свариваемых деталей не превышает 6 мм и жесткость свариваемого изделия соответственно невелика. Кроме того, сечение и объем наплавленного металла сварных швов небольшой, а значит и усад-

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						10
		№ документа	Подпись	Дата		

ка, создающая напряжения в сварном шве будет невелика. Все вышесказанное в совокупности с дополнительными мерами по предотвращению образования горячих трещин позволит снизить вероятность их образования.

Для предотвращения появления горячих трещин проводятся следующие мероприятия:

- максимально возможное снижение содержания в металле шва серы, фосфора, кремния, водорода и других вредных примесей;
- применение окислительных защитных сред – смеси аргона с кислородом, высокоокислительного сварочного флюса или введение окислителей в покрытия электродов;
- применение специальных методов воздействия на кристаллизующийся металл сварочной ванны (электромагнитного воздействия);
- легирование металла шва марганцем, азотом, молибденом;
- введение в сварочную ванну модификаторов;
- сварка на режимах, которые обеспечат наиболее благоприятную форму шва и, по возможности, короткую сварочную ванну.

#### *Оценка склонности стали к образованию холодных трещин*

Холодные трещины – это локальное межкристаллическое разрушение металла сварных соединений, возникающее под действием собственных сварочных напряжений. Размеры холодных трещин соизмеримы с размерами зон сварного соединения. [3]

Основная причина образования холодных трещин при сварке – водород. Он может проникать в сварной шов из электродного покрытия, флюса и окружающей среды. Также водород может присутствовать в составе защитных газов или загрязнений на сварочной проволоке.

Трещины возникают в процессе охлаждения ниже температуры 150°C после сварки или в течение последующих нескольких суток, а также при насыщении металла шва и зоны термического влияния водородом.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						11
		№ документа	Подпись	Дата		

Холодные трещины могут образовываться во всех зонах сварного соединения и иметь параллельное или перпендикулярное расположение по отношению к оси шва. [3]

Методы для выявления холодных трещин:

- ультразвуковая дефектоскопия – метод, основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебания с частотой 0,5-25 МГц в контролируемых изделиях с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа;
- внешний осмотр;
- контроль на магнитном принципе – заключается в выявлении рассеянных магнитных потоков, которые появляются в намагниченных изделиях в случае присутствия в них различных дефектов;
- радиационная дефектоскопия – основана на применении ионизирующих излучений;
- капиллярная дефектоскопия – метод дефектоскопии, основанные на капиллярном проникновении жидких веществ (индикаторных жидкостей) в полости поверхностных и сквозных дефектов контролируемого изделия под действием капиллярного давления и регистрации образующихся индикаторных следов;
- метод контроля на проницаемость.

Оценку склонности стали 15ХСНД к появлению холодных трещин будем проводить с учетом структурных превращений и жесткости изделия (по Сефериану): [4]

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

где  $\delta$  – толщина металла, мм.

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

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						12
		№ документа	Подпись	Дата		

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

Производим расчет по формулам (2) и (3) на склонность стали 15ХСНД к образованию холодных трещин:

$$[C]_x = 0,15 + \frac{0,55 + 0,75}{9} + \frac{0,45}{18} = 0,32 \%$$

$$[C] = 0,32 \cdot (1 + 0,005 \cdot 6) = 0,33 \%$$

Появление холодных трещин вероятно при  $[C] \geq 0,4 \div 0,45 \%$ , следовательно, сталь 15ХСНД не склонна к их образованию.

#### 1.4 Выбор способа сварки

Сварка – это процесс получения неразъемного соединения путем установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. [5]

В настоящее время создано очень много методов сварки. Все известные виды сварки приведены и классифицированы в ГОСТ 19521-74. [26]

##### *Ручная дуговая сварка*

Ручная дуговая сварка – это дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение проводятся вручную. При данном способе сварка выполняется штучными покрытыми электродами. Покрытый электрод – это металлический стержень, на поверхность которого нанесено покрытие (обмазка). [6]

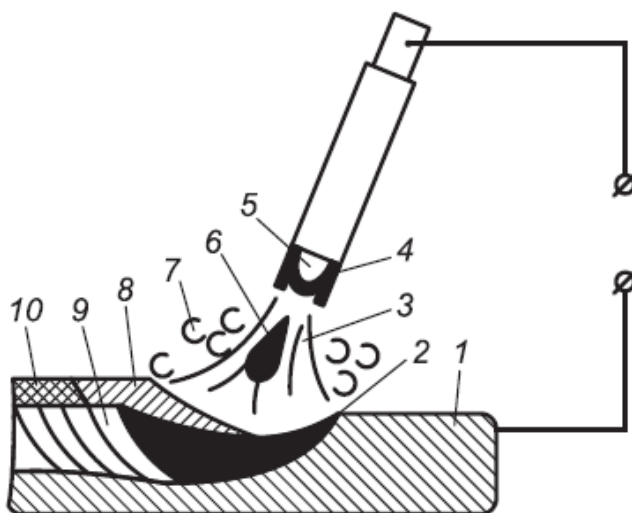
Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом изображена на рисунке 2.

Готовят покрытие для электродов из порошкообразной смеси различных компонентов. Назначение покрытия – повысить устойчивость горения дуги,

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						13
		№ документа	Подпись	Дата		

провести металлургическую обработку сварочной ванны, улучшить качество сварки и обеспечить защиту расплавленного металла от атмосферных газов.

Сварной шов при ручной дуговой сварке образуется за счет расплавления металла свариваемых кромок и плавления стержня электрода. Сварщик вручную выполняет подачу электрода в зону сварки по мере его расплавления и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок. [6]



1 – основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – дуга; 4 – электродное покрытие; 5 – электрод;  
6 – капли электродного металла; 7 – газовая защита; 8 – жидкая шлаковая пленка; 9 – шов;  
10 – шлаковая корка

Рисунок 2 – Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом

Достоинства ручной дуговой сварки:

- простота и универсальность;
- возможность выполнения сварки в различных пространственных положениях и труднодоступных местах.

Недостатки ручной дуговой сварки:

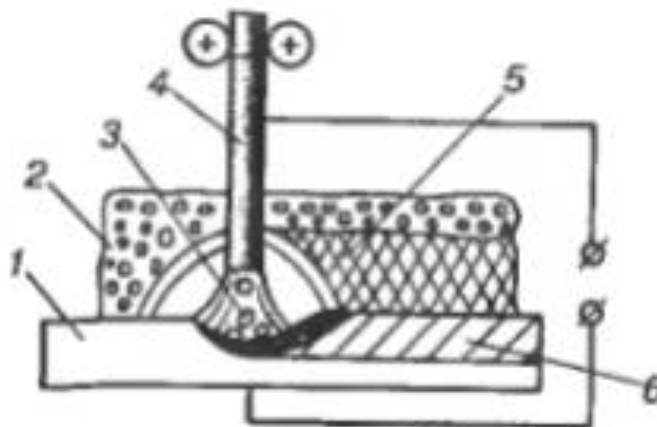
- трудности, связанные со сваркой тонколистового металла (толщиной менее 1 мм);
- зависимость качества сварного соединения от квалификации сварщика;
- малая производительность.

### *Автоматическая сварка под флюсом*

При автоматической дуговой сварке под флюсом электрическая дуга горит под слоем флюса между концом сварочной проволоки и свариваемым металлом.

Сварку ведут закрытой дугой, горячей под слоем флюса в пространстве газового пузыря, образующегося в результате выделения паров и газов в зоне дуги. Сверху сварочная зона ограничена пленкой расплавленного шлака, снизу – сварочной ванной.[7]

Схема автоматической сварки под флюсом представлена на рисунке 3.



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

Рисунок 3 – Схема автоматической сварки под флюсом

Сварку под флюсом выполняют плавящимся электродом. Дуга горит вблизи переднего края ванны, несколько отклоняясь от вертикального положения в сторону, обратную направлению сварки. Жидкий металл под влиянием давления дуги оттесняется в сторону, противоположную направлению сварки и образует кратер сварочной ванны. Расплавленный флюс, который попадает в сварочную ванну, всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем защитного шлака.[7]

Преимущества сварки под флюсом:

- получение сварного шва с высокими механическими свойствами;
- глубокое проплавление свариваемого металла;

- высокая производительность процесса;
- отсутствие брызг;
- надежная защита зоны сварки.

Недостатки сварки под флюсом:

- невозможность выполнения сварки во всех пространственных положениях, кроме нижнего;
- затруднено визуальное наблюдение за процессом;
- экологическое воздействие газов на сварщика.

### *Дуговая сварка металла в защитном газе*

Сварка в защитных газах – это способ сварки, при котором защита зоны дуги от вредного воздействия воздуха осуществляется газом.

В качестве защитных газов используют инертные газы (аргон, гелий), не взаимодействующие со свариваемым металлом, и активные газы (углекислый газ, азот и др.), взаимодействующие со свариваемым металлом.

Сварка в защитных газах производится как плавящимся электродом, так и неплавящимся.

При сварке в защитных газах плавящимся электродом подаваемая в зону дуги электродная проволока расплавляется и участвует в формировании шва.

На рисунке 4 представлена схема дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе. [8]

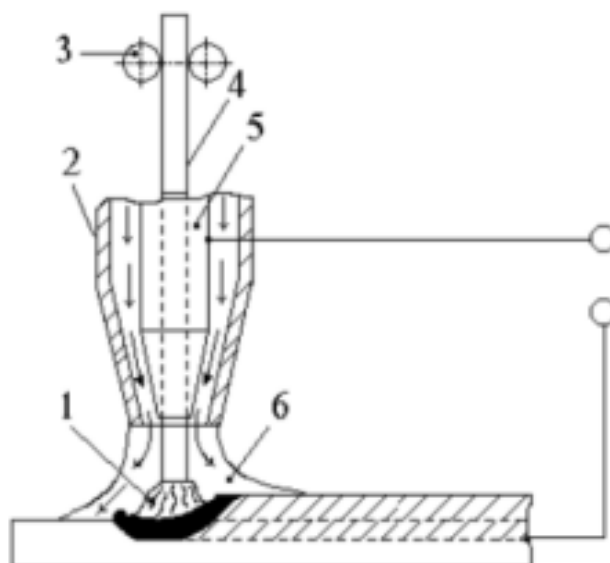
Преимущества сварки в защитном газе плавящимся электродом:

- высокая плотность мощности обеспечивает узкую зону термического влияния;
- возможность металлургического воздействия на металл шва за счет регулирования состава проволоки и защитного газа;
- большая возможность механизации и автоматизации процесса сварки;
- высокая производительность.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						16
		№ документа	Подпись	Дата		



К недостаткам данного способа относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги.



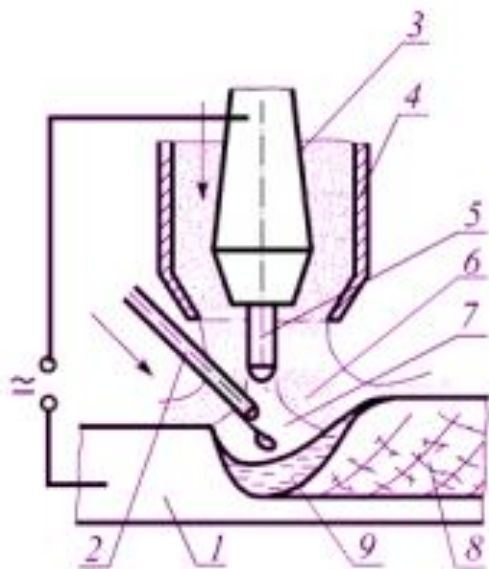
1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики;  
4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук; 6 – защитный газ  
Рисунок 4 – Схема дуговой сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

При сварке в защитных газах неплавящимся (вольфрамовым) электродом сварной шов формируется за счет металла расплавленных кромок изделия. При необходимости в зону дуги подается присадочный материал.

В зоне сварки происходит нагрев основного и присадочного материала до жидкого состояния теплотой электрической дуги, которая горит между основным металлом и неплавящимся электродом. В сварочной ванне основной и присадочный металлы перемешиваются и взаимно растворяются. Расплавленный металл в зоне сварки защищен газом от взаимодействия с окружающей средой. [8]

Схема дуговой сварки в среде защитных газов неплавящимся электродом представлена на рисунке 5.

Детали толщиной до 2 мм обычно сваривают без использования присадочного материала. При толщине металла более 2 мм в дугу подается присадочная проволока. Химический состав присадочного материала должен быть максимально близок к составу основного металла.



1 – основной металл; 2 – присадочный материал; 3 – держатель электрода; 4 – сопло; 5 – неплавящийся электрод; 6 – струя газа; 7 – дуга; 8 – сварной шов; 9 – сварочная ванна  
 Рисунок 5 – Схема дуговой сварки в среде защитных газов неплавящимся электродом

Достоинства сварки в защитных газах неплавящимся электродом:

- высокая устойчивость дуги;
- возможность получения металла шва с долей участия основного металла от 0 до 100%;
- меняя марку присадочного материала, скорость подачи и угол наклона, возможно регулировать химический состав металла шва и геометрические параметры сварного шва.

Недостатки сварки в защитных газах неплавящимся электродом:

- высокая скорость охлаждения сварного соединения;
- низкая эффективность использования электрической энергии (коэффициент полезного действия от 0,40 до 0,55%).

При сварке в среде защитных газов в зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, вытесняющий воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха.

Преимуществами сварки в среде защитных газов является возможность сварки различных материалов толщиной от долей мм до десятков и сотен мм во всех пространственных положениях, высокое качество соединения, высокая производительность процесса и его легкая механизация. [8]

### *Вывод о выборе способа сварки*

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

Ручная дуговая сварка является малопроизводительной и требует большие затраты времени и человеческого труда.

Дуговая сварка под флюсом обладает автоматизацией и хорошей производительностью, но при данном способе сварки возникают трудности при сварке небольших толщин, т.к. хорошая тепловая изоляция сварочной дуги повышает ее давление, что дает более глубокое проплавление свариваемого металла.

Дуговая сварка в среде защитных газов получила наибольшее распространение. Сварка плавящимся электродом характеризуется универсальностью процесса, возможностью сваривать во всех пространственных положениях, на изделиях сложной геометрической формы без использования каких-либо специальных приспособлений.

Таким образом, для сварки лонжерона толщиной 6 мм целесообразнее применить сварку в среде защитных газов плавящимся электродом.

### **1.5 Выбор сварочных материалов**

#### *Выбор защитного газа для сварки*

Для сварки в качестве защитных газов применяют инертные и активные газы, а также их смеси. Инертными называются газы, не вступающие в химическое взаимодействие с металлами и практически не растворяющиеся в них. В качестве инертных газов используют аргон, гелий и их смеси. [9]

В ГОСТ Р ИСО 14175-2010 представлены требования к классификации газов и газовых смесей, предназначенных для сварки плавлением. [27]

Инертные газы применяют для сварки химически активных металлов (титан, алюминий, магний) и в случаях, когда необходимо получить сварные швы, однородные по составу с основным и присадочным металлом, например, при

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						19
		№ документа	Подпись	Дата		

сварке высоколегированных сталей. Инертный газ обеспечивает защиту дуги и свариваемого металла, не оказывая на него металлургического воздействия.

Активными называются газы, которые защищают зону сварки от воздуха, но сами растворяются в жидком металле, либо вступают с ним в химическое взаимодействие. Основным активный газ – углекислый газ, который поставляют по ГОСТ 8050-76 «Двуокись углерода газообразная и жидкая». Для сварки используют сварочный углекислый газ чистотой 99,5%. [28]

Смеси газов обладают лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы и служат для улучшения процесса сварки и качества сварного шва. Например, смесь углекислого газа с кислородом (2-5%) способствует мелкокапельному переносу металла, уменьшению разбрызгивания, улучшению формирования шва. Смесь гелия и аргона увеличивает производительность сварки алюминия, улучшает формирование шва и позволяет сваривать за один проход металл большей толщины. [9]

Самые распространенные газовые смеси при сварке –  $Ar + O_2$ ,  $Ar + CO_2$ ,  $CO_2 + O_2$ ,  $Ar + CO_2 + O_2$ .

#### *Смеси аргона и кислорода*

При содержании кислорода 1-5% стабилизирует процесс сварки, увеличивает жидкотекучесть сварочной ванны, перенос электродного металла становится мелкокапельным. Смесь рекомендуется для сварки углеродистых и нержавеющей сталей.

#### *Смесь аргона и углекислого газа*

Рациональное соотношение: 82-90% аргона и 10-18% углекислого газа. При использовании данной смеси обеспечивается минимальное разбрызгивание, качественное формирование шва, увеличение производительности, хорошие свойства сварного соединения. Используется при сварке низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей. По сравнению со сваркой в чистом аргоне или чистом углекислом газе более легко достигается струйный

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						20
		№ документа	Подпись	Дата		

перенос электродного металла, сварные швы более пластичны. Смесь аргона с углекислым газом значительно дешевле чистого аргона.

*Смесь углекислого газа и кислорода*

Рациональный состав смеси: 60-80% углекислого газа и 20-40% кислорода. Повышает окислительные свойства защитной среды и температуру жидкого металла. При использовании этой смеси используют электродные проволоки с повышенным содержанием раскислителей, например, Св-08Г2СЦ. Шов формируется несколько лучше, чем при сварке в чистом углекислом газе. Данная смесь применяется при сварке углеродистых, легированных и некоторых высоколегированных конструкционных сталей.

*Смесь аргона, углекислого газа и кислорода*

Рациональное соотношение: 75% аргона, 20% углекислого газа и 5% кислорода. Обеспечивает высокую стабильность процесса и позволяет избежать пористости швов. Применяется при сварке углеродистых, нержавеющей и высоколегированных конструкционных сталей.

Таким образом, сварку стали 15ХСНД будем производить в смеси аргона с углекислым газом, в соотношении  $Ar:CO_2 = 80:20$  – CORGON 20 (80% аргона и 20% углекислого газа), т.к. сталь 15ХСНД является низкоуглеродистой низколегированной, а с использование газовой смеси К-20 получают более качественные сварные швы. Данная смесь поставляется согласно ТУ 2114-001-87144354-2012.

*Выбор сварочной проволоки*

Сталь 15ХСНД является низкоуглеродистой, она не перегревается и не закаливается, сваривается без ограничений. Для сварки данной стали должна быть использована сварочная проволока близкая по своему химическому составу к составу основного металла, т.е. химическому составу стали 15ХСНД. Содержание углерода в металле проволоки должно быть несколько ниже, чем в основном металле.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						21
		№ документа	Подпись	Дата		

Для сварки лонжерона из стали 15ХСНД выбираем сварочную проволоку Св-12ГС.

Химический состав сварочной проволоки Св-12ГС приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав сварочной проволоки Св-12ГС по ГОСТ 2246-70 [29]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
до 0,14	0,6-0,9	0,8-1,1	до 0,3	до 0,025	до 0,03	до 0,2	до 0,01

## 1.6 Заготовительные операции

Заготовительное производство включает в себя складирование, правку исходных заготовок, разметку, резку, подгибку кромок, гибку, очистку под сварку. [10]

### *Складирование*

При хранении заготовок должна быть обеспечена защита металла от атмосферной коррозии, для этого складские помещения необходимо располагать в закрытых помещениях, для временного хранения должны устанавливаться навесы для защиты от атмосферных осадков.

### *Правка исходных заготовок*

Во время транспортировки листового проката от действия случайных нагрузок возможны различные искривления формы (серповидность – искривление листа в плоскости; волнистость - искривление листа по всей ширине; бухтиноватость – местное выпучивание листа).

Исправление дефектов происходит с помощью операции правки, которая выполняется на листопрямильных машинах или прессах в холодном состоянии.

При правке волнистости листов толщиной 0,5-50 мм изгибом широко используют многовалковые машины с количеством валков от 5 до 21. На рисунке 6 представлена схема правки изгибом на многовалковых машинах. [11]

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						22
		№ документа	Подпись	Дата		

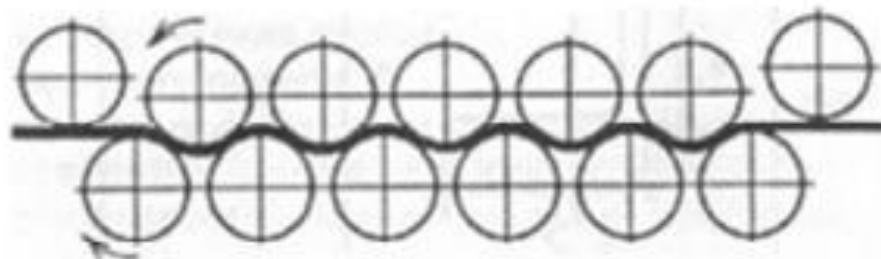


Рисунок 6 – Схема правки изгибом на многовалковых машинах

При прохождении в вальцах лист изгибается в пределах упругости, если в нем нет искривлений. Если искривления имеются, то лист испытывает пластические деформации, проходя через валки. Правка достигается многократным изгибом при пропуске листов между валками, которые расположены в шахматном порядке.

Правка по схеме растяжения – представлена на рисунке 7 – имеет более высокую производительность, более высокое качество правки, этот способ позволяет выправлять очень тонкие листы. [11]

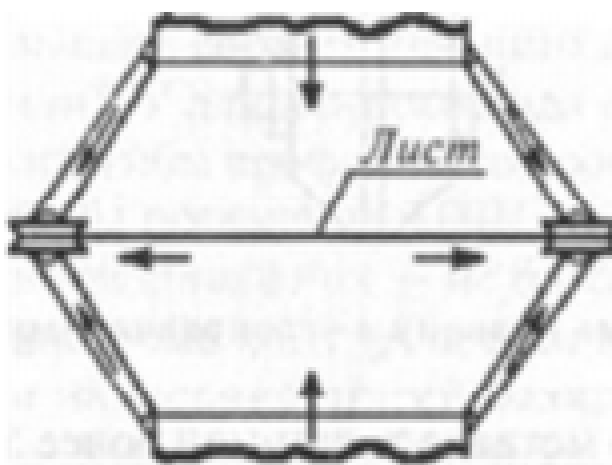
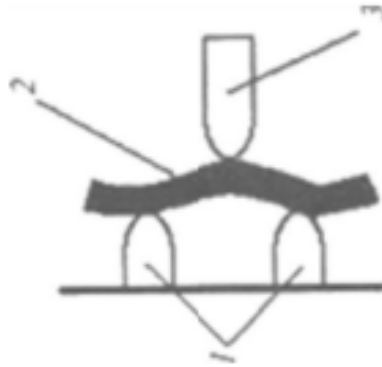


Рисунок 7 – Схема правки растяжением

Правку листового металла толщиной более 50 мм осуществляют под прессом путем локального изгиба искривленных участков. Схема представлена на рисунке 8.



1 – опорные колодки; 2 – искривленная заготовка; 3 – пуансон  
Рисунок 8 – Схема правки под прессом

### *Разметка*

Операция подразумевает под собой нанесение контура детали на поверхность исходной заготовки или нанесение линий базирования сопрягаемых деталей при сборке. Она выполняется вручную с помощью линейки, чертилки, циркуля. Операция трудоемкая и ограничено поддается механизации.

Более производительным вариантов разметки является операция наметка. Выполняется по специальным шаблонам из тонколистового металла в масштабе 1:1 с размерами деталей.

Наиболее производительные методы выполнения разметки - фотографический и фотопроекторный, они обеспечивают проецирование с фотографической пленки контура будущей детали на размечаемую поверхность. Данные методы являются высокопроизводительными и автоматизированными. [11]

При разметке обязательно необходимо учитывать припуски на механическую обработку деталей после резки и усадку от сварки.

### *Резка*

Резка металлов бывает механическая и термическая.

Кромки деталей после механической резки не должны иметь трещин, расслоений и завалов более 1 мм.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						24
		№ документа	Подпись	Дата		



В производстве деталей сварных конструкций применяются отрезные станки с дисковыми пилами, трубоотрезные станки, а также станки с абразивными отрезными кругами.

Термическая резка применяется для листового металла средних и больших толщин. Она может выполняться как вручную, так и на машинах. Машинная резка позволяет вырезать детали с высокой точностью, исключая трудоемкие операции разметки. [11]

### *Гибка*

Операция заключается в пластическом изгибе заготовки, при котором внутренние слои металла сокращаются, а наружные растягиваются. [10]

### *Очистка и подготовка поверхности*

Очистку применяют для удаления с поверхности металла средств консервации, загрязнений, ржавчины, окалины, смазочно-охлаждающих жидкостей, затрудняющих процесс сварки и вызывающих дефекты сварных швов.

Для очистки металла применяют механические и химические методы.

Механические – дробеструйная обработка, очистка абразивным инструментом, шарошками, металлическими щетками

Химические методы требуют организации отдельных производственных участков, поэтому используются в основном в массовом производстве, особенно, когда необходима очистка больших поверхностей металла.

При хранении деталей после очистки поверхности под сварку необходимо обеспечить условия, которые будут препятствовать окислению поверхности или ее загрязнению.

### *Подготовка кромок под сварку*

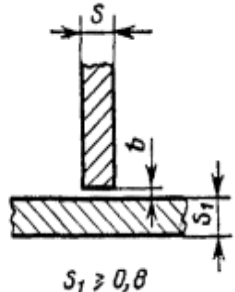
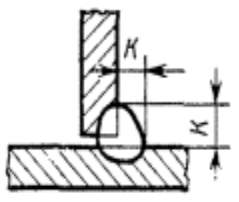
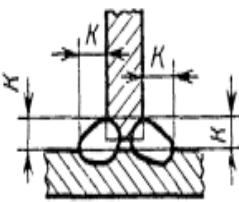
Перед сваркой кромкам необходимо придать определенную форму, обеспечивающую возможность их проплавления. [10]

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						25
		№ документа	Подпись	Дата		

## 1.7 Расчет режимов сварки

Сведения о стандартных типах соединений, швов и форм подготовки кромок для дуговой сварки в среде защитных газов приведены в ГОСТ 14771-76, фрагмент которого приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Фрагмент ГОСТ 14771-76 тавровое соединение [30]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	S, мм	В	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Но-мин.	Пред.откл.
T1			ИНп, ИП, УП	6,0- 20, 0	0	+1,5
T3						

### Расчет площади наплавленного металла

Тип шва по количеству проходов принимаем однопроходный, катеты 6 и 4 мм для соединений T1 и T3 соответственно, согласно таблице 5. [12]

Таблица 5 – Тип шва по количеству проходов при сварке в смеси газов

Тип шва по количеству проходов	Толщина металла стыкового шва S, мм	Катет К 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 площади наплавленного металла для тавровых соединений T1 и T3.

$$F_H = \frac{k^2}{2} + 0,73 \cdot e \cdot g \quad (4)$$

$$e = 1,41 \cdot k, \quad (5)$$

где  $e$  – ширина шва, мм;  $g$  – усиление шва, мм.

Подставим формулу (5) в формулу (4):

$$F_H = \frac{k^2}{2} + 0,73 \cdot 1,41 \cdot k \cdot g \quad (6)$$

Рассчитаем площадь наплавленного металла для соединений Т1 и Т3 соответственно по формуле (6):

$$F_H = \frac{6^2}{2} + 0,73 \cdot 1,41 \cdot 6 \cdot 1,5 = 27 \text{ мм}^2$$

$$F_H = \frac{4^2}{2} + 0,73 \cdot 1,41 \cdot 4 \cdot 1,5 = 14 \text{ мм}^2$$

### *Постановка прихваток*

Сварочные прихватки – это короткие сварные швы. Использование прихваток позволяет избежать смещения деталей сварной конструкции во время самого процесса сварки.

В представленной работе прихватки будем выполнять с помощью полуавтоматической сварки. Для выполнения прихваток используются те же сварочные материалы, что и для сварки изделия. Значит прихватки будут выполняться проволокой Св-12ГС диаметром 1,2 мм.

Прихватки выполняются длиной 20-30 мм, а расстояние между ними должно быть в пределах 200-300 мм. Сечение прихватки не может быть меньше  $1/3$  и не должно превышать  $1/2$  сечения наплавленного металла. [2]

Сечение первого прохода рассчитывается по формуле:

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{э.п.} \quad (7)$$

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						27
		№ документа	Подпись	Дата		

Тогда для соединений Т1 и Т3 сечения прихваток должны находиться в пределах  $9 \div 13,5 \text{ мм}^2$  и  $4,6 \div 7 \text{ мм}^2$  соответственно, а сечение первого прохода рассчитаем по формуле (7):

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot 3 = 18 \div 24 \text{ мм}^2$$

Исходя из полученных значений, принимаем сечение прихватки  $18 \text{ мм}^2$ .

Проведем расчет режима сварки для прихваток.

Диаметр электродной проволоки зависит от толщины металла и глубины проплавления. Расчетная глубина проплавления определяется по формуле:

$$h_p = (0,7 \div 1,1) \cdot K, \text{ мм} \quad (8)$$
$$h_p = (0,7 \div 1,1) \cdot 4 = 2,8 \div 4,4 \text{ мм}$$

Формула для расчета диаметра электродной проволоки:

$$d_{\text{э.п.}} = \sqrt[4]{h_p \pm 0,05 \cdot h_p}, \text{ мм} \quad (9)$$
$$d_{\text{э.п.}} = \sqrt[4]{4 \pm 0,05 \cdot 4} = 1,2 \div 1,6 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр электродной проволоки равным  $1,2 \text{ мм}$ .

Скорость сварки рассчитываем по зависимости:

$$V_{\text{св}} = K_V \cdot \frac{h_p^{1,61}}{l_{\text{э.п.}}^{3,36}}, \text{ мм/с} \quad (10)$$

Коэффициент  $K_V$  зависит от диаметра электродной проволоки; его значения, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице 6.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						28
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 6 – Значения коэффициента  $K_V$

$d_{э.п.}, \text{ мм}$	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
$K_V$	1030	1065	1060	1100	1120	1150

Вылет электродной проволоки определяется по формуле:

$$l_{э.п.} = 10 \cdot d_{э.п.}, \text{ мм} \quad (11)$$

$$l_{э.п.} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}$$

Рассчитаем скорость сварки по формуле (10):

$$V_{св} = 1060 \cdot \frac{4^{1,61}}{1,2^{3,36}} = 3 \text{ мм/с} = 10 \text{ м/ч}$$

Сварочный ток определяем в зависимости от размеров шва:

$$I_{св} = K_I \cdot \frac{h_p^{1,32}}{l_{э.п.}^{1,07}}, \text{ А} \quad (12)$$

Значения коэффициента  $K_I$ , полученного экспериментальным путем и зависящего от диаметра электродной проволоки, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения коэффициента  $K_I$

$d_{э.п.}, \text{ мм}$	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
$K_I$	335	335	430	440	460	480

Производим расчет силы сварочного тока по формуле (12):

$$I_{св} = 430 \cdot \frac{4^{1,32}}{12^{1,07}} = 187 \text{ А}$$

Напряжение на дуге зависит в основном от силы сварочного тока, а также от диаметра и вылета электродной проволоки, положения шва.

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB}, \text{ В} \quad (13)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 187 = 23 \text{ В}$$

Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{п.п.} = 0,53 \cdot \frac{I_{CB}}{d_{э.п.}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{CB}^2}{d_{э.п.}^3}, \text{ мм/с} \quad (14)$$

$$V_{п.п.} = 0,53 \cdot \frac{187}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{187^2}{1,2^3} = 82 \text{ мм/с} = 295 \text{ м/ч}$$

Расход защитного газа зависит от толщины металла и сварочного тока. Поэтому для расчета предлагается эмпирическая зависимость:

$$q_{з.г.} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_{CB}^{0,75}, \text{ л/с} \quad (15)$$

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot I_{CB}^{0,75}, \text{ л/мин} \quad (16)$$

Производим расчет:

$$q_{з.г.} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 187^{0,75} = 0,167 \text{ л/с}$$

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot 187^{0,75} = 10 \text{ л/мин}$$

Параметры режима сведем в таблицу 8.

Таблица 8 – Режим сварки для постановки прихваток

$d_{э.п.}$ , мм	$I_{CB}$ , А	$U_d$ , В	$V_{CB}$ , м/ч	$V_{п.п.}$ , м/ч	$q_{з.г.}$ , л/мин
1,2	187	23	10	295	10

*Расчет режимов сварки при наложении швов*

Рассчитаем режим сварки для соединения Т1. [12]

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

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						30
	№ документа	Подпись	Дата			

$$h_p = (0,7 \div 1,1) \cdot 6 = 4,2 \div 6,6 \text{ мм} \quad (17)$$

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

$$I_{св} = \frac{h_p}{K_h} \cdot 100, \quad (18)$$

где  $K_h$  – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки. [2]

При сварке в среде защитных газов и диаметре электродной проволоки  $d_{э.п.}=1,2$  мм, коэффициент пропорциональности  $K_h = 2,10$ .

Рассчитываем силу сварочного тока по формуле (18):

$$I_{св} = \frac{4,2}{2,10} \cdot 100 = 200 \text{ А}$$

Рассчитаем значение плотности сварочного тока:

$$j = \frac{4 \cdot I_{св}}{\pi d_{э.п.}^2} \quad (19)$$

$$j = \frac{4 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,2^2} = 178 \text{ А/мм}^2$$

Расчет коэффициента расплавления и коэффициента наплавки:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{св}^{0,32} \cdot I_{э.п.}^{0,39} \cdot d_{э.п.}^{(-0,64)} \quad (20)$$

$$\alpha_n = \frac{\alpha_p \cdot (100 - \Psi_n)}{100}, \quad (21)$$

где  $I_{э.п.}$  – вылет электродной проволоки, мм;  $\Psi_n$  – процент потерь, % (при сварочных токах до 250 А –  $\Psi_n=3,8$  %, при токах свыше 250 А –  $\Psi_n=1,5$  % [13]).

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						31
		№ документа	Подпись	Дата		

Вылет электродной проволоки:

$$l_{\text{э.п.}} = 10 \cdot d_{\text{э.п.}} \pm 2 \cdot d_{\text{э.п.}} \quad (22)$$

$$l_{\text{э.п.}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 12 \pm 2,4 = 9,6 \div 14,4 \text{ мм}$$

Рассчитаем коэффициент расплавления и коэффициент наплавки по формулам (20) и (21) соответственно:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 200^{0,32} \cdot 12^{0,39} \cdot 1,2^{(-0,64)} = 15,45 \text{ А/мм}^2$$

$$\alpha_n = \frac{15,45 \cdot (100 - 3,8)}{100} = 14,86 \text{ А/мм}^2$$

Расчет напряжения на дуге:

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{\text{св}} \quad (23)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 200 = 24 \text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \rho \cdot F_H} \quad (24)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{14,86 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,27} = 0,39 \text{ см/с} = 14 \text{ м/ч}$$

Погонная энергия сварки:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{\text{св}}}, \quad (25)$$

где  $\eta$  – тепловой коэффициент полезного действия дуги, при сварке в среде защитных газов  $\eta=0,7 \div 0,75$ . [2]

Производим расчет погонной энергии сварки по формуле (25):

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						32
		№ документа	Подпись	Дата		



$$q_{\text{п}} = \frac{200 \cdot 24 \cdot 0,75}{0,39} = 9230 \text{ Дж/см}$$

Фактическая глубина проплавления определяется по формуле:

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\Psi_{\text{пр}}}}, \quad (26)$$

где  $\Psi_{\text{пр}}$  – коэффициент формы провара.

$$\Psi_{\text{пр}} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э.п.}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (27)$$

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

При  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  величина коэффициента  $K$  остается неизменной (для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,92$ ). [2]

Рассчитаем коэффициент формы провара и фактическую глубину проплавления по формулам (26) и (27):

$$\Psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{200} = 2,25$$

$$h = 0,081 \cdot \sqrt{\frac{9230}{2,25}} = 5,2 \text{ мм}$$

Так как соединение тавровое и прожог невозможен при данном режиме сварки, то примем в качестве рабочих параметры режима сварки со скоростью сварки  $V_{\text{св}} = 14 \text{ м/ч}$  и глубиной проплавления  $h = 5,2 \text{ мм}$ .

Скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot V_{\text{св}} \cdot F_{\text{н}} \cdot (1 + 0,01 \cdot \Psi_{\text{п}})}{\pi d_{\text{э.п.}}^2} \quad (28)$$

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						33
		№ документа	Подпись	Дата		

$$V_{п.п.} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 27 \cdot (1 + 0,01 \cdot 3,8)}{3,14 \cdot 1,2^2} = 349 \text{ м/ч}$$

Рассчитаем расход защитного газа:

$$q_{з.г.} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 200^{0,75} = 0,18 \text{ л/с}$$

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot 200^{0,75} = 11 \text{ л/мин}$$

Параметры режима сварка сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Режим сварки в среде защитных газов, соединение Т1

$d_{э.п.}$ , мм	$I_{св.}$ , А	$U_{д.}$ , В	$j$ , А/мм <sup>2</sup>	$\alpha_{н.}$ , Г/А·ч	$V_{св.}$ , м/ч	$q_{п.}$ , Дж/см	$V_{п.п.}$ , м/ч	$q_{з.г.}$ , л/мин
1,2	200	24	178	14,86	14	9230	349	11

Рассчитаем параметры режима сварки для соединения Т3 по формулам (8)-(16). [12]

$$h_p = (0,7 \div 1,1) \cdot 4 = 2,8 \div 4,4 \text{ мм}$$

$$d_{э.п.} = \sqrt[4]{4} \pm 0,05 \cdot 4 = 1,2 \div 1,6 \text{ мм}$$

$$l_{э.п.} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}$$

$$V_{св.} = 1060 \cdot \frac{4^{1,61}}{1,2^{3,36}} = 3 \text{ мм/с} = 10 \text{ м/ч}$$

$$I_{св.} = 430 \cdot \frac{4^{1,32}}{12^{1,07}} = 187 \text{ А}$$

$$U_{д.} = 14 + 0,05 \cdot 187 = 23 \text{ В}$$

$$V_{п.п.} = 0,53 \cdot \frac{187}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{187^2}{1,2^3} = 82 \text{ мм/с} = 295 \text{ м/ч}$$

$$q_{з.г.} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 187^{0,75} = 0,167 \text{ л/с}$$

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot 187^{0,75} = 10 \text{ л/мин}$$

Параметры режима сварки сведем в таблицу 10.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						34
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 10 – Режим сварки, соединение ТЗ

$d_{э.п.}$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_d$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$V_{п.п.}$ , м/ч	qз.г., л/мин
1,2	187	23	10	295	10

### 1.8 Технология сборки и сварки лонжерона

В таблице 11 представлена технология на сборку и сварку лонжерона.

Таблица 11 – Технология сборки лонжерона

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование
1	2	3	4
1	Доставка листа металла со склада и контроль качества поверхности	Лист стандартного размера 4000x1500x6 мм транспортируется в зону правки и очистки поверхности. Металл проверяется на наличие окалины, ржавчины и других загрязнений.	Мостовой кран, грузозахватные приспособления, подкрановые тележки
2	Правка	Правка листового металла, удаление вмятин, волнистости, серповидности.	Листоправильная машина HD-W43G.
3	Резка	Резка металла выполняется в соответствии чертежам.	Оптоволоконный станок для лазерной резки BODOR модель S4020.
4	Зачистка	Зачистка деталей после резки от заусенцев, неровностей поверхности кромок	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe
5	Контроль геометрических размеров	Контроль формы и размеров деталей в соответствии чертежам.	Линейка, рулетка, угольник.
6	Правка (если необходимо)	Удаление вмятин, волнистости, серповидности.	Листоправильная машина HD-W43G.
7	Сборка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установить нижнюю полку на бобышки;</li> <li>• установить стойку 1 на магнитный упор;</li> <li>• установить бобышки на нижнюю полку лонжерона и на них положить верхнюю полку;</li> <li>• подставить стойку 2 и зафиксировать ее горизонтальным пневмоприжимом;</li> <li>• установить вертикальный пневмоприжим;</li> <li>• осуществить прихватки собранных элементов изделия;</li> <li>• убрать магнитные упоры и пневмоприжимы;</li> </ul>	$d_{э.п.}=1,2$ мм $I_{св}=187$ А $U_d=23$ В $V_{св}=10$ м/ч

Окончание таблицы 11

1	2	3	4
		<ul style="list-style-type: none"> <li>установить вводные и выводные планки.</li> </ul>	
8	Контроль сборки	Контролировать зазоры и взаимное расположение деталей.	Линейка, мерительная рулетка, угольник.
9	Зачистка	Удаление брызг, шлака, окалина.	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe
10	Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>Установить изделие в кантователь;</li> <li>установить сварочную головку в свариваемый стык под углом 40-45° к вертикальной стенке;</li> <li>начать сварку с вводных планок;</li> <li>закончить сварку на выводных планках.</li> </ul>	Двухстоечный кантователь Сварочный автомат Taurus 335 $d_{э.п.}=1,2$ мм $I_{св}=200$ А $U_{д}=24$ В $V_{св}=14$ м/ч $V_{п.п.}=349$ м/ч $q_{з.г.}=11$ л/мин
11	Переверот изделия	Перевернуть изделие на 180° с помощью кантователя, затем повторить операции, указанные в пункте 10.	Двухстоечный кантователь $d_{э.п.}=1,2$ мм $I_{св}=200$ А $U_{д}=24$ В $V_{св}=14$ м/ч $V_{п.п.}=349$ м/ч $q_{з.г.}=11$ л/мин
12	Правка	Правка (если необходимо)	
13	Сварка диафрагм	Приварить диафрагмы к изделию согласно чертежу.	$d_{э.п.}=1,2$ мм $I_{св}=187$ А $U_{д}=23$ В $V_{св}=10$ м/ч $V_{п.п.}=295$ м/ч $q_{з.г.}=10$ л/мин
14	Удаление вводных и выводных планок	Удаление вводных и выводных планок.	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe
15	Зачистка мест сварки планок и сварных швов	Удаление брызг, окалины и остаточных элементов прихваток.	Шлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe
16	Контроль готового изделия	Визуальный контроль формы шва на наличие наружных дефектов. Магнитопорошковая дефектоскопия.	Линейка, лупа, мерительная рулетка. Магнитопорошковый дефектоскоп МД-М.
17	Складирование	Готовый лонжерон отправляется на склад готовой продукции.	Мостовой кран, подкрановая тележка.

## 1.9 Выбор механического и сборочно-сварочного оборудования, его технические характеристики

### *Листоправильная машина HD-W43G*

Листоправильная машина HD-W43G стандартного типа предназначена для выравнивания листового материала при комнатной температуре. Оборудование состоит из системы питания, основной машины, системы электроуправления.

Листовой металл меняет свою форму несколько раз, проходя между нижним и верхним рабочими валками. Таким образом, снимается напряжение, выравнивается кривизна. Жесткие поддерживающие ролики расположены по внешним сторонам данного оборудования и отличаются улучшенной плоскостностью и качеством. [14]

Листоправильная машина HD-W43G представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 - Листоправильная машина HD-W43G

Технические характеристики листоправильной машины HD-W43G приведены в таблице 12.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						37
		№ документа	Подпись	Дата		

Таблица 12 – Технические характеристики листопрямильной машины HD-W43G

Модель	W43G			
	3x1600	6x2000	10x2000	12x1200
Максимальная толщина обрабатываемого листа, мм	3	6	10	12
Максимальная ширина обрабатываемого листа, мм	1600	2000	2000	1200
Минимальная толщина обрабатываемого листа, мм	0,8	1,5	2,5	3
Максимальный предел текучести обрабатываемого материала, МПа	240	360	360	360
Расстояние между рабочими валками, мм	80	100	150	150
Диаметр рабочих валков, мм	75	95	140	140
Количество рабочих валков	15	13	13	11
Скорость правки, м/мин	14,4	9	9	3-7
Мощность главного двигателя, кВт	18,5	37	45	30
Общие габариты, ДхШхВ, мм	4740x1530x2200	5950x1480x3000	6840x2780x3470	4920x2180x3110

*Оптоволоконный станок для лазерной резки BODOR модель S4020*

Использование расширенной и точной системы управления обеспечивает автоматическую замену сопел в соответствии с типом материала и толщиной пластин, что устраняет необходимость ручной замены сопла, улучшает эффективность и надежность обработки.

Полный защитный кабинет улучшает безопасность, защитное стекло изолирует лазерное излучение от людей, система автоматического сбора дыма и пыли создает чистую рабочую среду, интеллектуальная система мониторинга снижает уровень аварийности. [15]

Виды снаружи и изнутри оптоволоконного станка для лазерной резки BODOR модель S4020 представлены на рисунках 10 и 11 соответственно.

Технические параметры оптоволоконного станка для лазерной резки BODOR модель S4020 приведены в таблице 13. [15]

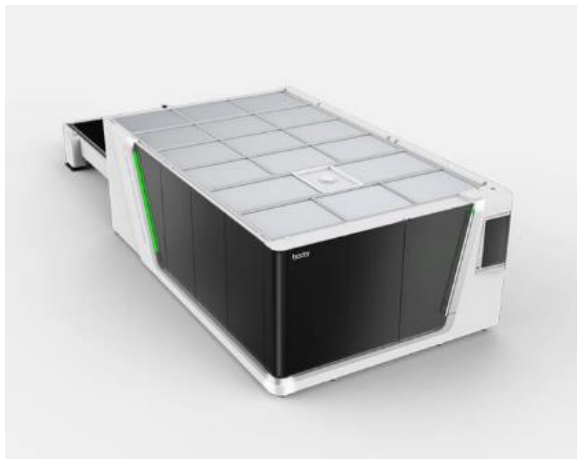


Рисунок 10 – Оптоволоконный станок для лазерной резки BODOR модель S4020 (вид снаружи)

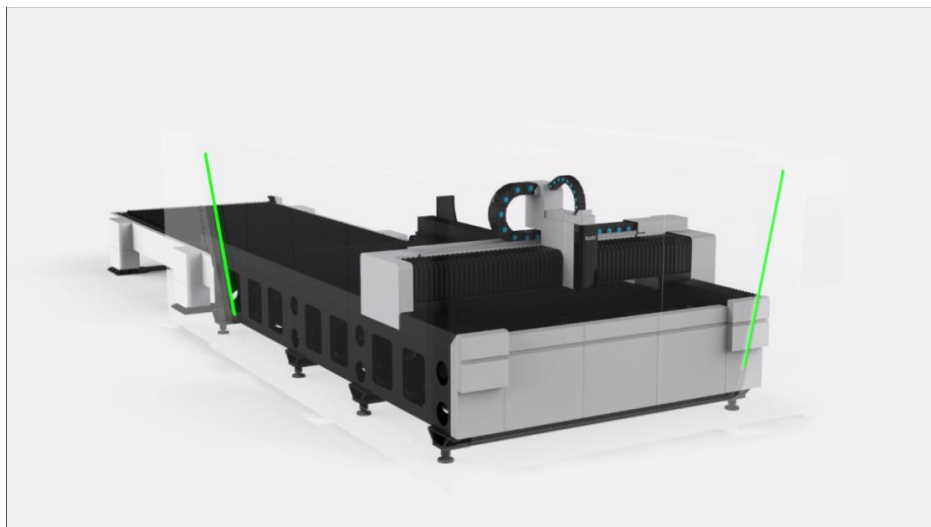


Рисунок 11 – Оптоволоконный станок для лазерной резки BODOR модель S4020 (вид изнутри)

Таблица 13 – Технические характеристики оптоволоконного станка для лазерной резки

Характеристика	Значение
Тип станины	Литая
Максимальный размер обрабатываемого листа, мм	4070x2040
Мощность лазера, кВт	12
Точность позиционирования, мм	0,05
Точность повторного позиционирования, мм	0,03
Максимальная скорость холостых перемещений, м/мин	200
Максимальная скорость резки, м/мин	75
Способ охлаждения	Водяное
Питание при частоте 50 Гц, В	380 В
Определение расстояния до поверхности листа	Автоматическое (автофокус)
Дополнительный сменный стол	
Защитный кабинет с видеомонитором и системой управления	
Автоматическая система смены дюз (сопл) на 8 мест	
Габариты (ДxШxВ), мм	10500x3700x2300
Масса, кг	12000

*Углошлифовальная машинка BOSCH GWS26-230 JBVe*

Углошлифовальная машинка BOSCH GWS26-230 JBVe применяется для шлифовки, зачистки и резки твердых материалов из камня, металла, бетона и т.д. без использования воды. Углошлифовальная машинка BOSCH GWS26-230 JBVe представлена на рисунке 12.



Рисунок 12 – Углошлифовальная машинка BOSCH GWS26-230 JBVe

Технические характеристики углошлифовальной машинки BOSCH GWS26-230 JBVe приведены в таблице 14. [16]

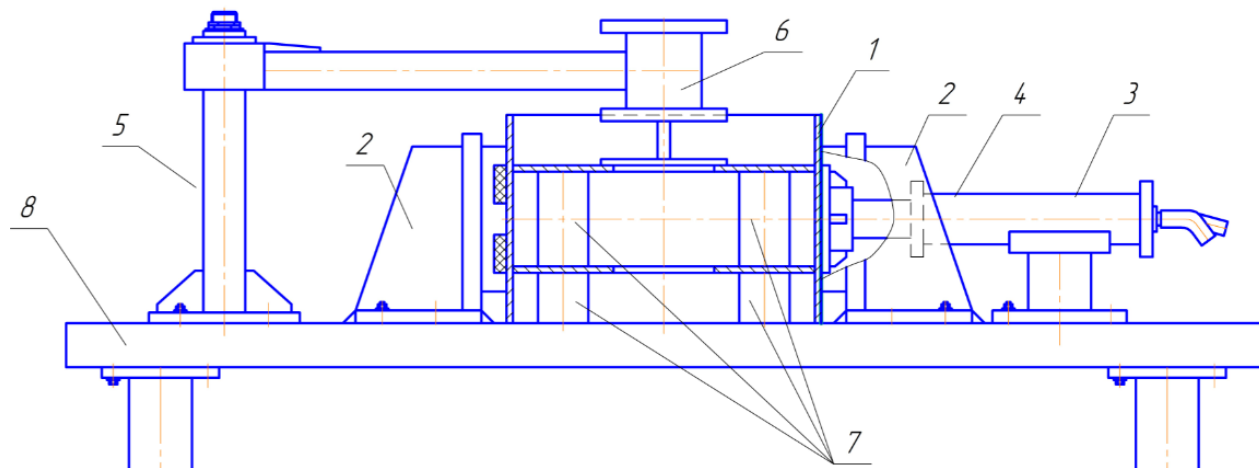
Таблица 14 – Технические характеристики углошлифовальной машинки BOSCH GWS26-230 JBVe

Параметр	Значение
Номинальная потребляемая мощность, Вт	2600
Число оборотов при холостом ходе	16500
Резьба шлифовального шпинделя	M14
Диаметр круга, мм	230
Масса без кабеля, кг	6,4

*Сборочный стенд*

Сборочный стенд предназначен для сборки металлоконструкции – лонжерона. Эскиз представлен на рисунке 13.





1 – лонжерон; 2 – магнитные упоры; 3 – поворотная стойка горизонтального пневмоприжима; 4 – горизонтальный пневмоприжим; 5 – поворотная стойка вертикального пневмоприжима; 6 – вертикальный пневмоприжим; 7 – технологические бобышки; 8 – сборочно-сварочный стол

Рисунок 13 – Сборочный стенд

### *Сварочный портал*

Сварочные порталы – это эффективный инструмент для сварки балок различного сечения, металлических панелей, а также большинства металлоконструкций с продолжительными сварными швами. Привлекательная цена и высокая производительность сварки сделали порталы наиболее популярным средством автоматизации сварочных работ. Портальная сварочная установка представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Портальная сварочная установка

		№ документа	Подпись	Дата

Порталы могут оснащаться различным сварочным оборудованием для сварки в защитном газе, под слоем флюса или для аргонодуговой сварки.

В зависимости от типа сварного соединения и вида сварки портал можно оснастить различными типами слежения: тактильная, лазерная, по напряжению на дуге. Отслеживание шва сварочной головкой на всем протяжении сварного соединения осуществляется с точностью 0,2 мм.

Данные системы слежения за швом позволяют достичь максимально стабильного процесса сварки, тем самым достигается идеальное формирование сварного соединения без каких-либо дефектов.

### *Источник питания Taurus 335*

Taurus 335 предназначен для сварки в среде защитных газов низкоуглеродистых, низко- и высоколегированных сталей, алюминиевых сплавов, меди и сплавов на ее основе, а также для сварки специальных сплавов.

Аппарат используется при производственных и ремонтных работах: химическая и пищевая промышленность, машиностроение и производство промышленных установок, автомобилестроение, вагоностроение, судостроение, производство резервуаров и контейнеров, возведение стальных конструкций.

[17]

На рисунке 15 представлен сварочный аппарат Taurus 335.



Рисунок 15 – Сварочный аппарат Taurus 335

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						42
		№ документа	Подпись	Дата		

### Особенности Taurus 335: [17]

- Оптимально для широкого круга задач. Воспроизводимые результаты сварки и малое образование брызг благодаря полностью цифровой технологии сварочного аппарата.
- Продуманная конструкция корпуса с улучшенными воздухоотводами и электронным управлением вентилятора для снижения количества загрязнений в аппарате.
- Интуитивно понятное управление, которое доступно для каждого - возможность выбора среди разных концепций управления.
- Запрограммированные JOBS(сварочные задания) и управление Sinergic – чтобы сварщик мог полностью сосредоточиться на работе.
- Компактный, переносной. Возможность подключения модуля охлаждения и использования тележки для перемещения аппарата.

### Система управления Sinergic S:

- возможность полной оптимизации сварочного процесса благодаря наличию цифровой панели и синергетического управления;
- 99 оптимально запрограммированных JOBS (сварочных заданий);
- 16 программ для каждого сварочного задания;
- Наличие цифрового дисплея для отображения тока, напряжения, скорости подачи, толщины материала.

На рисунке 16 изображен дисплей сварочного аппарата с системой управления Sinergic.



Рисунок 16 – Дисплей сварочного аппарата

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						43
		№ документа	Подпись	Дата		

Технические характеристики аппарата приведены в таблице 15. [17]

Таблица 15 – Технические характеристики Taurus 335

Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-330
Продолжительность включения при температуре окружающей среды, °С	40
Частота тока в сети, Гц	50/60
Сетевое напряжение (допуски), В	3х400
Максимальная потребляемая мощность, кВт	12,7
Количество роликов в подающем механизме	4
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5-24
Габариты (ДхШхВ), мм	643х298х475
Вес аппарата, кг	33

### Сварочная головка

Для сварки лонжерона возьмем сварочную головку трактора АДГ-630 (рисунок 17), который предназначен для автоматической однослойной, многослойной сварки и наплавки электродной проволокой в среде защитных газов изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей на постоянном токе.



Рисунок 17 – Сварочный автомат АДГ-630

## 1.10 Контроль качества готового изделия

Когда производятся сварные соединения, то именно от их качества зависит надежность всей металлоконструкции. Сварной шов является неоднородным и претерпевает температурную обработку, что делает его наиболее слабым местом в конструкции. Все ответственные соединения подвергают контролю качества, чтобы во время эксплуатации конструкции не возникло проблем.

Задача контроля качества – проверка изделия на прочность, установление материала нормативам, заданным размерам, а также отсутствия дефектов (ГОСТ 30242-97). [31]

Дефекты сварных соединений:

- наружные (подрезы, наплывы, незаваренные кратеры, прожоги, наружные трещины) – для их контроля выбран визуально-измерительный метод;
- внутренние (поры, шлаковые включения, непровары, несплавления, трещины) – для их контроля выбрана ультразвуковая дефектоскопия.

*Визуально-измерительный контроль*

ГОСТ 23479-79 [32]

Визуально-измерительный контроль сварных швов – это один из самых простых и безопасных способов определения надежности соединения. В основе этого метода лежит получение первичной информации об исследуемом объекте. Для этого используется как просто визуальное наблюдение, так и различные оптические приборы.

Такой метод контроля помогает определить качество сборки заготовок. Метод весь информативен и помогает сразу определить, имеются ли явные дефекты в исследуемом месте. Специалист невооруженным глазом способен обнаружить наружный дефект размером около 0,1 мм. При использовании оптических приборов точность контроля намного повышается. [19]

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						45
		№ документа	Подпись	Дата		

Для проведения визуально-измерительного контроля используются дополнительные инструменты, которые помогают зафиксировать точное положение и размеры обнаруженных дефектов, а также определить параметры шва.

- Металлические линейки – один из самых простых и часто используемых инструментов измерения.
- Угломер – позволяет определить угол соединения и относительное расположение свариваемых деталей.
- Щуп – бесшкальный измерительный инструмент, имеющий ряд пластин определенного размера, по которым можно определить соответствие заготовки заданным параметрам.
- Штангенциркуль – инструмент с тремя видами измерения, который может помочь измерить внешние и внутренние размеры, в том числе и диаметр, а также глубину пор и трещин.
- Лупа – оптический инструмент, обладающий определенной величиной кратности, помогает увеличить внешние дефекты для их лучшего обнаружения.

#### *Магнитопорошковый метод контроля*

ГОСТ Р 56512-2015 [33]

Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля основан на притяжении магнитных частиц силами неоднородных магнитных полей, образующихся над дефектами в намагниченных объектах, с образованием в зонах дефектов индикаторных рисунков в виде скоплений магнитных частиц. Наличие и протяженность индикаторных рисунков регистрируют визуально, с помощью оптических приборов или автоматическими устройствами обнаружения и обработки изображений.

Магнитопорошковый метод позволяет обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты типа нарушений сплошности материала: трещины различного происхождения (шлифовочные, ковочные, штамповочные, закалочные, усталостные, деформационные и др.), флокены, надрывы, волосовины,

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						46
		№ документа	Подпись	Дата		

расслоения, дефекты сварных соединений (трещины, непровары, шлаковые, флюсовые и окисные включения, подрезы) и др. [20]

Необходимым условием применения магнитопорошкового метода для выявления дефектов является наличие доступа к объекту контроля для намагничивания, обработки индикаторными материалами, осмотра и оценки результатов контроля.

Данный метод контроля позволяет обнаруживать при соответствующих условиях визуально невидимые и слабо видимые поверхностные дефекты со следующими минимальными размерами: раскрытием 0,001 мм; глубиной 0,01 мм; протяженностью 0,5 мм, а также более крупные.

Модульный переносной магнитопорошковый дефектоскоп МД-М (рисунок 18) представляет собой революционное решение для ручного магнитопорошкового контроля в авиационной, автомобильной, железнодорожной промышленности.



Рисунок 18 – Магнитопорошковый дефектоскоп МД-М

Прибор позволяет контролировать различные по форме и размерам изделия, их сварные швы, внутренние поверхности отверстий, а также труднодоступные зоны путем намагничивания отдельных участков или изделия в целом.

Контроль осуществляется с помощью набора намагничивающих устройств, питаемых постоянным, переменным или импульсным током.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						48
		№ документа	Подпись	Дата		



## 2 Методический раздел

В технологической часть дипломного проекта произведена разработка технологии и подбор оборудования для сварки лонжерона. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической сварки лонжерона на автоматическую сварку в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное – автоматы для сварки. В свою очередь данная замена предполагает переподготовку рабочих, которые смогут осуществлять обслуживание, наладку, эксплуатацию и ремонт такого оборудования.

К процессу сварки по проектируемой технологии допускаются рабочие по специальности «Оператор автоматической сварки плавлением» не ниже 5-го уровня. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по специальности «Сварщик частично механизированной сварки плавлением». В связи с этим необходимо разработать программу переподготовки рабочих и провести переподготовку в рамках данного промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки рабочих необходимо изучить и провести анализ нормативных документов – Профессиональных стандартов. Профессиональный стандарт является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

### 2.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

Рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

- Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. №14, приказ Минтруда России №701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России рег. №31301 от 13.02.2014 г.); [21]

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						49
		№ документа	Подпись	Дата		

- 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.). [22]

Изначально рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки.

В таблице 16 приведены выписки из Профессиональных стандартов, которые характеризуют трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 16 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовая функция	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.	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов.
Трудовые действия	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). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных	Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации. Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке. Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования. Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки. Контроль с применением измеритель-

Продолжение таблицы 16

1	2	3
	<p>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>Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>ного 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> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля.</p> <p>Контроль исправления дефектов сварных соединений.</p>
<p>Необходимые умения</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).</p> <p>Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением во всех пространственных положениях сварного шва сложных и ответственных конструкций</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p> <p>Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой).</p>	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.</p> <p>Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов.</p> <p>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.</p> <p>Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.</p>

Продолжение таблицы 16

1	2	3
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>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 сваркой (наплавкой) 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.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением.</p> <p>Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.</p> <p>Требования к сборке конструкции под сварку.</p> <p>Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.</p> <p>Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля.</p> <p>Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.</p> <p>Правила технической эксплуатации электроустановок.</p> <p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.</p> <p>Правила эксплуатации газовых баллонов.</p> <p>Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.</p>
Другие характеристики	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией:</p> <p>сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную или с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной</p>	

Окончание таблицы 16

1	2	3
	<p>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 флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.</p>	
<p>Характеристики выполняемых работ</p>	<p>Прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; 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; наплавка простых и сложных инструментов, баллонов и труб, дефектов деталей машин и механизмов; исправление дефектов сваркой.</p>	

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

*Необходимые знания:*

- 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;
- сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением;
- требования к сборке конструкции под сварку;
- технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением;
- 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.

*Необходимые умения:*

- определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку;
- пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов;
- контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения;

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						54
		№ документа	Подпись	Дата		

- применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.

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

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

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучения, консультации и квалификационный экзамен.

Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа профессиональных стандартов и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматиче-

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						55
		№ документа	Подпись	Дата		

ской сварки плавлением», который представлен в таблице 17. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 17 – Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

№ п/п	Наименование предмета	Количество часов
<b>1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ</b>		
1.1	Основы экономики отрасли	4
1.2	Материаловедение	8
1.3	Основы электротехники	6
1.4	Чтение чертежей	8
1.5	Спецтехнология	32
<b>2 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ</b>		
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	16
2.2	Работа на предприятия	90
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	8
	<b>ИТОГО</b>	<b>176</b>

Реализация учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### **2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»**

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, который необходим для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции.

Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного плана переподготовки и учеба требований работодателей.

Тематический план по предмету «Спецтехнология» представлен в таблице 18.



Таблица 18 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Введение в предмет «Спецтехнология»	2
2	Источники питания для автоматической сварки	2
3	Оборудование для автоматической сварки в среде защитных газов	6
4	Технология автоматической сварки в среде защитных газов	
4.1	Сварочные материалы, используемые при автоматической сварке в среде защитных газов	4
4.2	Особенности автоматической сварки	6
4.3	Режимы автоматической сварки	4
5	Механизация и автоматизация сварочного производства	4
6	Контроль качества сварных швов	2
7	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	2
	ИТОГО	32

В данной учебной программе предусматривается изучение оборудования для автоматической сварки в среде защитных газов, технологии сварки в среде защитных газов, способов механизации и автоматизации сварочного производства, контроля качества сварных соединений и техники безопасности при работе на автоматических установках.

## 2.4 Разработка плана-конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» разработана методика проведения урока.

Тема урока «Сварочный аппарат Taurus 335. Специальные процессы сварки»

### Цели занятия:

*Обучающая:* проверить уровень усвоения знаний об источниках питания сварочной дуги, сформировать знания об оборудовании для автоматической сварки, познакомиться со сварочным аппаратом Taurus 335 и изучить специальные процессы сварки.

*Развивающая:* развивать мышление, память и внимание.

*Воспитательная:* воспитывать дисциплину на занятии, трудолюбие, ответственность, бережное отношение к учебному оборудованию.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						57
		№ документа	Подпись	Дата		

Тип урока: комбинированный урок.

Методы обучения: словесный (рассказ, беседа), наглядный, объяснительно-иллюстративный.

Дидактическое обеспечение занятия:

1. учебник Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки: учебник для профессиональных учебных заведений [Текст] / В.С.Виноградов. – М.: Высш. шк., Академия, 1977. – 319 с. [23]

2. плакат с изображением сварочного аппарата Taurus 335 и характеристикой специальных процессов сварки.

Структура урока:

1. организационный момент;
2. мотивация;
3. актуализация опорных знаний;
4. изложение нового материала;
5. контроль усвоения материала;
6. выдача домашнего задания;
7. подведение итогов.

### План-конспект

В таблице 19 приведен план-конспект урока.

Таблица 19 – План-конспект урока

Этап урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 мин.	Здравствуйте! Садитесь, пожалуйста, приготовьте тетради и ручки. Отметим, кого сегодня нет на занятии. Тема нашего сегодняшнего занятия «Сварочный аппарат Taurus 335. Специальные процессы сварки». Мы узнаем, какое применяется оборудование, как оно устроено, познакомимся со сварочным аппаратом и специальными процессами сварки.	Приветствие обучающихся, проверка присутствующих на занятии по журналу. Сообщение темы занятия.

Продолжение таблицы 19

1	2	3
<p>Мотивация 2 мин.</p>	<p>Напоминаю вам, что у нас действует балльная система. Каждый из вас в течение урока может набирать баллы за работу, а затем получить итоговую оценку.</p>	<p>Мотивация обучающихся на хорошую работу</p>
<p>Актуализация опорных знаний 15 мин.</p>	<p>Прежде чем приступить к изучению нового материала проверим как вы усвоили ранее пройденный. Проведем устный опрос.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие основные требования предъявляются к источникам питания сварочной дуги?</li> <li>2. Как устроен сварочный трансформатор, выпрямитель, генератор, преобразователь? Расскажите об их особенностях и принципе действия.</li> <li>3. Какая существует взаимосвязь характеристик дуги и источника питания дуги при устойчивом процессе сварки?</li> <li>4. Каковы характерные неисправности в работе источников питания? Назовите возможные причины их возникновения и способы устранения.</li> </ol>	<p>Проверка и освежение в памяти обучающихся материала с прошлых занятий с помощью устного фронтального опроса.</p> <p>Вопрос задавать 2 раза, чтобы все обучающиеся включились в работу. Обсуждать вопросы с аудиторией, а затем правильный ответ сказать громко и четко, чтобы все еще раз усвоили.</p>
<p>Изложение нового материала 15 мин.</p>	<p>Предыдущую тему повторили, приступим к изучению нового материала.</p> <p>По ходу изложения нового материала прошу вас делать конспектирование у себя в тетрадях.</p> <p>При автоматическом способе сварки помимо источников питания дуги необходимо иметь специальное оборудование, которое позволит исключить ручное ведение сварочного процесса. При этом требуется механизировать выполнение двух основных технологических движений: подачу электрода в зону сварки и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок. Если оба эти движения происходят механизированным путем, то такой процесс рассматривается как <b>автоматическая сварка</b>.</p> <p>Сварочные аппараты, которые обеспечивают автоматическое выполнение основных технологических перемещений электрода и дуги с поддержанием постоянства заданных параметров режима сварки называют <b>автоматами</b>.</p> <p>Основной частью автоматов является <b>сварочная головка</b> – электромеханическое устройство, автоматическое подающее в зону дуги плавящегося электрода или присадочного материала. Сварочная головка. Закрепленная неподвижно относи-</p>	<p>Начинаю новую тему, прошу ее записать.</p> <p>Обращаю внимание обучающихся на необходимость автоматизации производства.</p> <p>Рассказываю о сварочных автоматах и их устройстве.</p> <p>Знакомлю обучающихся со сварочной головкой, ее работой.</p>

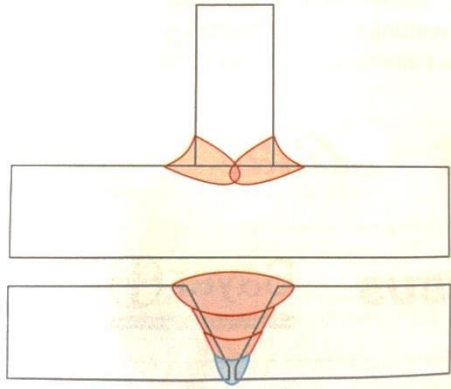
Продолжение таблицы 19

1	2	3
	<p>тельно изделия, называется <i>подвесной автоматической головкой</i>. В них отсутствует механизм перемещения самой головки. Тогда относительно дуги перемещают объект сварки с помощью вспомогательного устройства или сварочного приспособления. Если в конструкции сварочного аппарата есть механизм для перемещения головки, то ее называют <i>самоходной</i>. Перемещение самоходной головки производится по специальной направляющей. такой аппарат называют <i>автоматом подвесного типа</i>. Если в конструкции автомата тележка с укрепленной на ней головкой может перемещаться непосредственно по свариваемому изделию, то такой автомат называют <i>сварочным трактором</i>.</p> <p>В основе классификации автоматов используются различные признаки: тип электрода, способ перемещения, характер защиты и др.</p> <p>По типу применяемого электрода подразделяют на автоматы с плавящимся электродом и автоматы с неплавящимся (вольфрамовым) электродом.</p> <p>По способу перемещения тележки - автоматы тракторного типа и кареточные.</p> <p>По числу горящих дуг – для сварки одной дугой, двумя дугами и трехфазной дугой.</p> <p>По способу поддержания постоянства параметров дуги – автоматы с принудительным регулированием дуги и саморегулированием.</p> <p>Теперь рассмотрим с вами аппарат для сварки в среде защитных газов Taurus 335.</p> <div data-bbox="555 1503 1050 1989" data-label="Image"> </div> <p>Сварочный аппарат Taurus 335 применяется для сварки низкоуглеродистых,</p>	<p>Рассказываю классификацию автоматов и прошу ее записать в тетрадь.</p> <p>Перехожу к изучению сварочного аппарата Taurus 335. Прошу записать для чего используется данный автомат.</p>

Продолжение таблицы 19

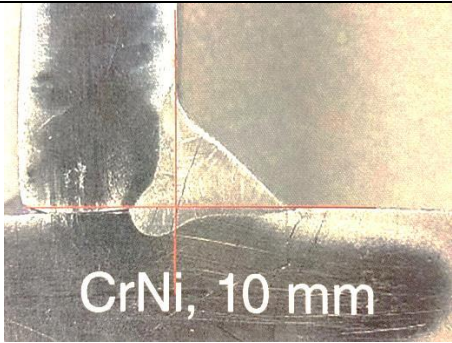
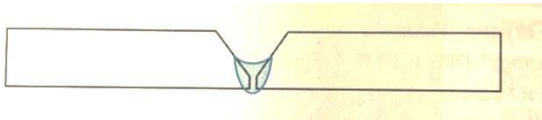
1	2	3
	<p>низко- и высоколегированных сталей, алюминиевых сплавов, меди и сплавов на ее основе. Аппарат работает с использованием сплошных и порошковых проволок диаметром 0,8-2,4 мм или покрытых электродов (рутиловые, основные).</p> <p>Taurus335 применяется при производственных и ремонтных работах: химическая и пищевая промышленность, машиностроение и производство промышленных установок, автомобилестроение, вагоностроение, судостроение, производство резервуаров и контейнеров, возведение стальных конструкций и т.д.</p> <p><b>Особенности сварочного аппарата Taurus 335</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Оптимален для широкого круга задач. Воспроизводимые результаты сварки и малое образование брызг благодаря полностью цифровой технологии.</li> <li>• Интуитивно понятное управление, доступное для каждого – возможность выбора среди разных концепций управления.</li> <li>• Запрограммированные JOBs (сварочные задания) и управление Synergicпозволяет полностью сосредоточиться на работе.</li> <li>• Максимальная мобильность: легкость перемещения.</li> <li>• Продуманная конструкция корпуса с улучшенными воздухоотводами для увеличения продолжительности включения и электронным управлением вентилятора для снижения количества загрязнений в аппарате.</li> <li>• Подходит для роботизированного, промышленного и механизированного применения.</li> </ul> <p>Компактный и переносной. Возможность подключения модуля охлаждения и использования тележки для перемещения аппарата.</p> <p>Разберем специальные процессы Taurus 335.</p> <p><b>forceArc</b> Форсированная дуга с глубоким проплавлением, стабильной направленностью в режиме струйного переноса. Применяется при сварке низкоуглеродистых, низколе-</p>	<p>Рассказываю об особенностях Taurus 335.</p> <p>Разбираем с обучающимися специальные процессы сварочного аппарата Taurus 335. При изучении данного вопроса обращаемся к плакату.</p>

Продолжение таблицы 19

1	2	3
	<p>гированных и высоколегированных сталей, а также для высокопрочных сортов стали больших толщин.</p>  <p><b>Преимущества</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность сварки без разделки или с минимальной разделкой благодаря стабильной направленной дуге;</li> <li>• сокращение количества проходов;</li> <li>• снижение деформации благодаря глубоко подгруженной и концентрированной дуге;</li> <li>• отличный провар при выполнении тавровых соединений;</li> <li>• отличная сварка с очень длинным вылетом проволоки;</li> <li>• снижение риска образования подрезов;</li> <li>• сварка без брызг.</li> </ul> <p><b>Особенности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Меньший угол раскрытия шва – меньше слоев</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— высокая экономичность;</li> <li>— уменьшение затрат на механическую обработку;</li> <li>— меньшее количество слоев;</li> <li>— снижение расхода сварочной проволоки и защитного газа;</li> <li>— увеличение производительности;</li> <li>— уверенное проплавление на больших толщинах материала.</li> </ul> </li> <li>• <b>Надежный захват корня шва при идеальной геометрии шва</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— более глубокое проплавление по сравнению со струйной дугой, позволяющее уменьшить катет шва;</li> <li>— разный угол наклона горелки;</li> <li>— изменение угла наклона горелки не влияет на глубину проплавления.</li> </ul> </li> </ul>	

		№ документа	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 19

1	2	3
	 <p>CrNi, 10 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Экономично – сварка почти без брызг                     <ul style="list-style-type: none"> <li>— реализация процесса благодаря высокочастотному инвертору;</li> <li>— применение на различных материалах и сварочных газах;</li> <li>— гладкая поверхность шва при сохранении высоко качества;</li> <li>— экономия на последующей обработке шва.</li> </ul> </li> <li>• Стабильная направленность дуги                     <ul style="list-style-type: none"> <li>— сварка в узкую разделку;</li> <li>— отсутствие эффекта магнитного дутья при вылете проволоки до 40 мм;</li> <li>— быстрые изменения параметров сварки при сварке изделий с малым углом раскрытия расстояния от сопла до шва.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>rootArc</b> Модифицированная короткая дуга для заварки корневых швов и перекрытия зазоров.</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• сокращение брызг по сравнению со стандартной короткой дугой;</li> <li>• хорошее формирование корня шва и надежный захват краев поверхности на вертикальных швах;</li> <li>• вертикальные швы без колебательных движений;</li> <li>• сварка низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей;</li> <li>• ручное и автоматизированное применение.</li> </ul>	
<p>Контроль усвоения материала 5 мин.</p>	<p>Для закрепления материала необходимо ответить на вопросы по пройденной теме:</p> <p>1. Каковы требования и назначение</p>	<p>Контроль усвоения материала проходит с помощью устного фронтального оп-</p>

Окончание таблицы 19

1	2	3
	автоматов для дуговой сварки? 2. Расскажите о классификации сварочных автоматов и их основных видах. 3. Каковы принципы работы сварочных автоматов? 4. Для чего предназначен сварочный аппарат Taurus 335? 5. Какие возможны специальные процессы во время сварки при использовании Taurus 335?	роса. Обучающиеся отвечают на заданные вопросы, обсуждают их и приходят к правильному ответу. Конспектируют для себя некоторые моменты в тетрадь, если есть пробелы.
Выдача домашнего задания 2 мин.	Учебник Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки, стр.130, глава 11.6. Изучить газовую аппаратуру, которая применяется в автоматах для сварки в защитных газах. Ответить на вопросы после главы.	Выдача домашнего задания, объяснение, что необходимо сделать к следующему уроку.
Подведение итогов 3 мин.	Сегодня все большие молодцы, очень хорошо поработали. За активную работу на занятии оценки получают ... . Домашнее задание всем понятно? Вопросов по пройденной теме нет? Тогда занятие окончено, всем спасибо. До свидания!	Подведение итогов урока, выставление оценок в журнал.

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

Выполнив методическую часть проекта:

- изучили и проанализировали профессиональные стандарты рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» и «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки сварщиков частично механизированной сварки;
- 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 сварки плавления».



нием», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочей профессии.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						65
		№ документа	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном дипломном проекте была произведена разработка технологии и выполнен подбор оборудования для сварки лонжерона.

При разработке технологии сварки лонжерона были решены следующие задачи:

- проведен анализ условий работы лонжерона;
- подобран конструкционный материал (сталь) и выбран и обоснован способ сварки металлоконструкции;
- проведены необходимые расчеты режимов сварки лонжерона;
- разработана технология сборки и сварки лонжерона;
- выбрано и обосновано сборочное и сварочное оборудование.

В методической части дипломного проекта была разработана программа переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и разработан план-конспект урока по предмету «Спецтехнология».

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						66
		№ документа	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов [Текст] / В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 2 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.
- 3 Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей [Текст] / Э.Л.Макаров. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
- 4 Сапожков С.Б. Теория сварочных процессов. Лабораторный практикум: учебное пособие [Текст] / С.Б.Сапожков, Е.А.Зернин, И.Р.Сабилов. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2007. – 96 с.
- 5 Федосов С.А. Основы технологии сварки: учебное пособие [Текст] / С.А.Федосов, И.Э.Оськин. – М.: Машиностроение, 2011. – 125 с.
- 6 Лупачев В.Г. Ручная дуговая сварка: учебник [Текст] / В.Г.Лупачев. – 4-е изд., стер. – Минск: Высшая школа, 2014. – 416 с.
- 7 Катаев Р.Ф. Механизированная дуговая сварка под флюсом: учебное электронное текстовое издание [Электронный ресурс] / Р.Ф.Катаев, Г.М.Сюкасов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/637/28637/files/ustu244.pdf> (дата обращения 06.04.2019).
- 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 Зайцев Е.И. Сварочные работы в строительстве. Конспект лекций, часть I [Текст] / Е.И.Зайцев, Я.В.Назим, М.В.Бусько. – Макеевка: ДонНАСА. – 2007. – 66 с.
- 10 Лукьянов В.Ф. Производство сварных конструкций (изготовление в заводских условиях): учебное пособие [Текст] / В.Ф.Лукьянов, В.Я.Харченко, Ю.Г.Людмирский. – РнД: ДГТУ, 2013. – 173 с.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						67
		№ документа	Подпись	Дата		

11 Куркин С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов [Текст] / С.А.Куркин, В.М.Ховов, А.М.Рыбачук. – М.: Машиностроение, 1989. – 319 с.

12 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.

13 Linde УРАЛТЕХГАЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.techgaz.ru/svarochnye\\_gazovye\\_smesi.html](http://www.techgaz.ru/svarochnye_gazovye_smesi.html) (дата обращения 06.05.2019).

14 ТД НТК ЗЕНИТ Металлообрабатывающее оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://тд.нтк-зенит.рф/kuznechno-pressovoe/listopravilnaya-mashina> (дата обращения 19.04.2019).

15 BodorLaser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bodor.su/catalog/avtomatizirovannaja-ustanovka-lazernogo-reza-bodor-serija-s-model-4020/> (дата обращения 19.04.2019).

16 Все инструменты.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ekb.vseinstrumenti.ru/instrument/shlifmashiny/bolgarka\\_ushm/bosch/bosch\\_gws\\_26-230\\_jbv\\_0601856500/](https://ekb.vseinstrumenti.ru/instrument/shlifmashiny/bolgarka_ushm/bosch/bosch_gws_26-230_jbv_0601856500/) (дата обращения 19.04.2019).

17 Евротек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://evrotek.spb.ru/files/EWM\\_catalog\\_2011.pdf](https://evrotek.spb.ru/files/EWM_catalog_2011.pdf) (дата обращения 19.04.2014).

18 Энерпром [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.enerprom.ru/prod/642> (дата обращения 19.04.2019).

19 Калиниченко Н.П. Визуальный и измерительный контроль: учебное пособие для подготовки специалистов I, II и III уровня [Текст] / Н.П.Калиниченко, А.Н.Калиниченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 300 с.

20 Шелихов Г.С. Магнитопорошковый контроль изделий [Текст] / Г.С.Шелихов, В.В.Клюев. – М.: Спектр, 2013. – 175 с.

21 Профессиональный стандарт «Сварщик» [Электронный ресурс] / код 40.002, рег. №14, приказ Минтруда России №701н от 28.11.2013 г., зарегистри-

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						68
		№ документа	Подпись	Дата		

стрирован Минюстом России, рег. №31301 от 13.02.2014 г. – Режим доступа: [http://spks.naks.ru/upload/ps\\_svarshik\\_2017\\_updated.pdf](http://spks.naks.ru/upload/ps_svarshik_2017_updated.pdf) (дата обращения 29.05.2019).

22 Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» [Электронный ресурс] / 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: <http://spks.naks.ru/spks/upload/SVAR-OPER.pdf> (дата обращения 29.05.2019).

23 Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки: учебник для профессиональных учебных заведений [Текст] / В.С.Виноградов. – М.: Высш. шк., Академия, 1977. – 319 с.

24 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.

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

26 ГОСТ 19521-74. Сварка металлов. Классификация. – Введ. 1975-01-01. – М.: Государственный комитет стандартов совета министров СССР, 1978. – 11 с.

27 ГОСТ Р ИСО 14175-2010. Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2011.

28 ГОСТ 8050-76. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – Введ. 1978-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 22 с.

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.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						69
		№ документа	Подпись	Дата		

31 ГОСТ 30242-97. Дефекты соединения при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения. – Введ. 2003-01-01. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 8 с.

32 ГОСТ 23479-79. Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования. – Введ. 1980-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 10 с.

33 ГОСТ Р 56512-2015. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы. – Введ. 2015-07-06. – М.: Стандартиформ, 2016. – 55 с.

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						70
		№ документа	Подпись	Дата		

# Приложение А Спецификация

					ДП 44.03.04. 072 ПЗ	Лист
						71
		№ документа	Подпись	Дата		