

Министерство образования и науки 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
« ____ » _____ 2018 г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ЩЕКИ КАБЕЛЬНОГО
БАРАБАНА**

Исполнитель

студент группы ЗСМ-404с

С.А. Байльман

Руководитель

доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Нормоконтролер:

доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ЩЕКИ КАБЕЛЬНОГО БАРАБАНА

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04-Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки Машиностроение и материалобработка
специализации Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве

Идентификационный код ВКР: 783

Екатеринбург 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Описание конструкции	8
1.1 Условия эксплуатации щеки кабельного барабана	8
1.2 Характеристика щеки кабельного барабана	8
1.3 Характеристика материала	9
1.4 Определение свариваемости стали.....	10
1.4.1 Оценка склонности металла к образованию холодных трещин	10
1.4.2 Оценка склонности металла к образованию горячих трещин	13
2 Технология сварки щеки кабельного барабана	15
2.1 Наиболее распространенные способы сварки	16
2.1.1 Ручная дуговая сварка металла.....	16
2.1.2 Автоматическая сварка металла под флюсом.....	18
2.1.3 Дуговая сварка металла в защитном газе.....	19
2.2 Обоснование выбора способа сварки.....	21
2.3 Выбор сварочных материалов	21
2.3.1 Выбор защитного газа.....	21
2.3.2 Выбор сварочной проволоки	24
2.4 Расчет режимов сварки	25
2.4.1 Расчет режима сварки щеки кабельного барабана базовой технологии	25
2.4.2 Расчет режима дуговой сварки в смеси газов по площади наплавленного металла, проектируемый вариант	28
2.5 Технология сборки и сварки щеки кабельного барабана. Базовый вариант.....	32
2.6 Технология сборки и сварки щеки кабельного барабана. Проектируемый вариант.....	36
3 Выбор оборудования.....	41
3.1 Оборудование для сварки	41
3.1.1 Промышленный робот IRB 1600	41

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.1.2 IRC 5 Контроллер промышленных роботов	42
3.1.3 Сварочный источник alpha Q 352 RC.....	42
3.1.4 Подающий механизм M drive Rob 2 Standart.....	44
3.1.5 Позиционер IRBP 500C	45
3.1.6 Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D.....	46
3.2 Оборудование для сборки.....	47
3.2.1 Сварочный полуавтомат TAURUS 355	47
3.2.2 Сборочный стол.....	48
3.2.3 Быстрозажимная струбцина.....	49
3.2.4 Струбцина	50
3.2.5 Универсальная призма	51
3.2.6 Флекс упоры	52
3.3 Заготовительное оборудование	52
3.3.1 Установка лазерной резки Mitsubishi ML3015eX-S	52
3.3.2 Углошлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe.....	54
3.3 Гидравлические трехвалковые вальцы Sahinler серии 3R HSS	54
4 Расчет экономической эффективности внедрения технологического процесса сборки и сварки щеки кабельного барабана	56
4.1 Методика расчета экономической эффективности	56
4.2 Расчет оборудования и численности рабочих	56
4.3 Расчет капитальных вложений в оборудование и приспособления	58
4.4 Расчет заработной платы	59
4.5 Расчет затрат на материал	62
4.6 Общепроизводственные (цеховые) расходы (в расчете на одно изделие).....	63
4.7 Определение величины капитальных вложений	66
5 Методическая часть.....	69
5.1 Изучение трудовой функции рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»	70
5.2 Программа обучения электросварщиков работе на роботизированной сварке....	73

5.2.1 Тематический план теоретического обучения.....	73
5.2.2 Разработка план - конспекта урока... ..	75
Заключение.....	83
Список использованных источников.....	84
Приложение А Лист задания	
Приложение Б Спецификация	
Приложение В Техничко-экономические показатели проекта	
Приложение Г Технологическая схема изготовления щеки кабельного барабана	
Приложение Д Роботизированный комплекс для сварки щек кабельных барабанов	

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники выдвигает особые требования к кабельной продукции, в этой связи в настоящее время становятся востребованными провода, обладающие высокой прочностью в широком диапазоне температур, пластичные, устойчивые против воздействия агрессивных сред, а также обладающие специальными механическими и эксплуатационными свойствами.

С целью совершенствования конструкции кабеля происходит поиск оптимальных изоляционных материалов. В связи с тем, что кабельная продукция широко применяется в машиностроительной отрасли, то провода должны удовлетворять требованиям по огнестойкости и нераспространению горения. Если наряду с этим учесть требование по отсутствию галогенов, то выбор изоляционных материалов для производства кабеля резко сокращается. Тогда производители кабелей акцентируют внимание на надежную транспортировку продукции до заказчиков, вследствие качественного изготовления кабельных барабанов, ведь правильно организованная транспортировка кабелей гарантирует их сохранность, а, следовательно, долговечность эксплуатации кабельных линий. Для уменьшения расходов на единицу продукции производители стремятся ускорить и автоматизировать процесс производства, а также увеличить его объёмы.

Производство щеки для кабельных барабанов на предприятии ООО «Электрон» в настоящее время осуществляется с помощью низко производительного и наименее благоприятного по условиям работы сварщиков способом сварки – полуавтоматическая сварка в среде защитных газов. Актуальным становится внедрение роботизированного комплекса (далее РТК).

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкций.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предметом разработки является процесс сборки и сварки щеки для кабельных барабанов.

Целью дипломного проекта является разработка технологии сварки щеки кабельного барабана с использованием роботизированной сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант изготовления щеки кабельного барабана;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки щеки кабельного барабана;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления щеки кабельного барабана, включающий роботизированный комплекс; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства щеки кабельного барабана.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Описание конструкции

1.1 Условия эксплуатации щеки кабельного барабана

Металлические стальные барабаны более долговечный и прочный тип кабельных барабанов в отличии от деревянных. Применяются в основном для транспортировки кабеля и проводов, и в тоже время как тара на территории кабельного завода. Используются для намотки кабеля при производстве специальным оборудованием, подвергаются высокой скорости вращения. При производстве металлического барабана обращают внимание на качество отдельных деталей, сборку (правильную состыковку деталей) и защиту от коррозии, которую добиваются специальными лаками и покрытиями. В металлических барабанах большого размера делают зацепы для крюков. У металлических барабанов различают фланцы с гофрированной и плоской внутренней поверхностью.

Щеки кабельного барабана должны быть параллельны между собой и перпендикулярны фланца и оси барабана.

В каждой щеке кабельного барабана, должны быть выполнены пазы или отверстия для захвата барабана крюками грузоподъемного устройства.

1.2 Характеристика щеки кабельных барабанов

Изготавливаются сварные щеки металлических кабельных барабанов. Конструкция сварных щек представляет собой гофрированное кольцо, обод и внутренняя обечайка, сваренные между собой тавровыми соединениями. Сварные швы выполняются только с наружной стороны (см. рисунок 1.1)

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

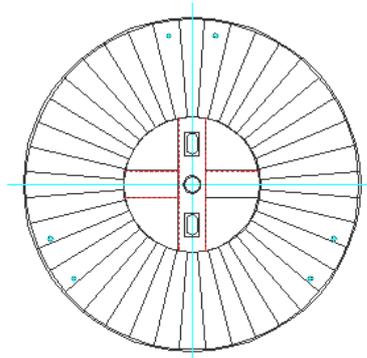


Рисунок 1.1 – Щека кабельного барабана

Параметры свариваемых деталей:

1. Обод из полосы 12x65 мм, материал Сталь 3сп;

Наружный диаметр обода 1950 мм;

2. Внутренняя обечайка щеки из листа 4, Сталь 3сп;

Наружный диаметр обечайки 794 мм, ширина 90 мм;

3. Гофрированное кольцо из листа 1,5...2,0 мм, Сталь 3сп;

Высота зубьев гофры 60 мм по внутренней обечайки щеки и 22 мм по ободу;

Расстояние между боковыми поверхностями зубьев 50 мм по внутренней обечайки щеки 80 мм по ободу;

4. Масса щеки 105 кг;

5. Производительность 800 шт. в год.

1.3 Характеристика материала

Изделие изготавливается из стали Ст3сп. Сталь Ст3сп относится к конструкционным углеродистым сталям обыкновенного качества. Применяется для изготовления несущих элементов сварных и не сварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Химический состав стали по ГОСТ 1050–88 приведен в таблице 1.1.

Механические свойства стали Ст3сп приведены в таблице 1.2 [1].

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1.1 – Химический состав стали СтЗсп в %, ГОСТ 19281 – 89[1]

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь	Фосфор	Сера	Мышьяк	Азот
Не более									
от 0,14 до 0,22	от 0,15 до 0,3	от 0,4 до 0,65	0,3	0,3	0,3	0,04	0,05	0,08	0,008

Таблица 1.2 – Механические свойства стали СтЗсп [1]

Предел текучести, σ_T , МПа	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %
230	420	25	-

1.4 Определение свариваемости стали

1.4.1 Оценка склонности металла к образованию холодных трещин

Холодные трещины – локальные межкристаллические разрушения металла сварного соединения, возникающие под действием собственных напряжений при сварке.

Признаки холодных трещин (их отличия от горячих трещин):

1. Образование трещин «слышно» после окончания процесса сварки
2. При визуально-измерительном контроле трещины обнаруживаются после полного охлаждения изделия;
3. Блестящий излом без следов высокотемпературного окисления.

Основные причины образования холодных трещин:

1. Образование мартенсита из аустенита в околошовной зоне или в металле сварного шва;
2. «Отрывы» по зоне сплавления аустенитных и низколегированных сталей при сварке аустенитными электродами или проволокой – мартенситное превращение аустенита в зоне перемешивания металла.

Чаще всего холодные трещины образуются в послесварочный период, иногда на протяжении нескольких суток.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Максимальная температура, при которой образуются холодные трещины равна 200°С. Исследования показывают, что трещина всегда состоит из очага разрушения и участка развития трещин.

Очаг разрушения всегда находится на границе бывшего аустенитного зерна, а участок развития может проходить в том числе и по телу зерна.

Факторы обуславливающие появление трещин:

1. В структуре металла встречается мартенсит;
2. В сварном соединении присутствуют растягивающие напряжения, которые могут определяться жесткостью конструкции, режимом сварки, типом металла шва, высокими скоростями охлаждения;
3. Разрушения возникают после некоторого значения при нагружении конструкции постоянной нагрузкой
4. Повышенное содержание водорода в металле сварного соединения.

Холодные трещины часто приводят к замедленному разрушению, имеющему следующие закономерности:

Опасность этого вида разрушения в том, что трещины никак не диагностируются, поскольку их нет. Металл находится в предварительно натянутом состоянии, т. е. напряжение присутствует, но уровень их еще не достаточен для появления трещин. Иными словами сварочные напряжения меньше предела прочности изделия.

При минимальном рабочем нагружении рабочее напряжение накладываются на сварные. Суммарная величина напряжений превышает предел прочности материала и появляются холодные трещины. При этом рабочее нагружение оказывается относительно небольшим по сравнению с расчетными проверочным, которое выполняется при конструировании изделия.

- после термической обработки сопротивляемость материала к разрушению холодными трещинами возрастает с течением времени - «отдых»;
- склонность к разрушению холодными трещинами после сварки можно полностью подавить при плавном охлаждении до - 70°С, а затем при нагреве до 300°С и последующем медленном охлаждении.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для определения склонности стали к образованию холодных трещин воспользуемся методикой оценки эквивалентного углерода. Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что $C_{\text{э}} < 0,45\%$, то сварка данной стали может выполняться без предварительного подогрева; если $C_{\text{э}} \geq 0,45\%$, то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение $C_{\text{э}}$. [1, стр. 239].

В случае необходимости подогрева металла перед сваркой температура подогрева может быть оценена по методике, учитывающей химический состав свариваемой стали и ее толщину. Согласно этой методике полный эквивалент углерода $C_{\text{э}}$ определяют по формуле

$$C_{\text{э}} = C_{\text{х}} + C_{\text{р}} \quad (1)$$

$$C_{\text{х}} = (360C + 40Mn + 40Cr + 20Ni + 28Mo) / 360 \quad (2)$$

$$C_{\text{р}} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{х}} \quad (3)$$

где $C_{\text{х}}$ — химический эквивалент углерода;

$C_{\text{р}}$ — размерный эквивалент углерода;

C, Mn, Cr, Ni, Mo – содержание легирующих элементов в %;

S – Толщина свариваемых кромок, мм.

Если в уравнение (1) подставить значение $C_{\text{р}}$ из формулы (2), то полный эквивалент углерода

$$C_{\text{э}} = C_{\text{х}} \cdot (1 + 0,005 \cdot S) \quad (4)$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева находят по формуле

$$T_n = 350 \sqrt{C_{\text{э}} - 0,25} \quad (5)$$

Выполним необходимые расчеты

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_x = (360 \cdot 0,18 + 40 \cdot 0,5 + 40 \cdot 0,3 + 20 \cdot 0,3 + 28 \cdot 0) / 360 = 0,31\%$$

$$C_{\Sigma} = 0,33 \cdot (1 + 0,005 \cdot 7) = 0,32\%$$

Поскольку полученное значение $C_{\Sigma} = 0,32\%$ не более $0,45\%$ сталь не склонна к образованию холодных трещин и относится к категории хорошо свариваемых сталей.

1.4.2 Оценка склонности металла к образованию горячих трещин

Горячие трещины – межкристаллитные, хрупкие разрушения металла шва и околошовной зоны, возникающие в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации сварного шва.

При кристаллизации жидкий металл претерпевает ряд фазных изменений, в твердо–жидком состоянии образуется скелет сросшихся кристаллов, между которыми находится металл в жидком состоянии.

Металл шва в этой фазе обладает очень низкими деформационными способностями и малой прочностью. При малейшем напряжении появляются разрывы в структуре. При дальнейшей кристаллизации прочность и пластичность возрастут.

Температурный интервал, в котором металл находится в твердо – жидком состоянии и обладает малой деформационной способностью и прочностью, называют температурным интервалом хрупкости (ТИХ). При кристаллизации в этом интервале температур появляется усадка и сокращение (линейное) длины шва. Следовательно, возникают деформации и как следствие, образуются горячие трещины.

Склонность сталей к образованию горячих трещин оценивается по показателю Уилкинсона:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}, \quad (6)$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Если $HSC < 4$, при ($\sigma_B < 700$ МПа) тогда принято считать, что сталь не склонна к образованию горячих трещин, также если $HSC < 2$ при ($\sigma_B > 700$ МПа), в этом случае сталь также не склонна к образованию горячих трещин.

$$HCS = \frac{0.18 \cdot (0.05 + 0.04 + \frac{0.23}{25} + \frac{0.3}{100}) \cdot 10^3}{3 \cdot 0.5 + 0.3} = 1,02$$

Т.к. 1,02 меньше 4, то сталь СтЗсп не склонна к образованию горячих трещин.

Основываясь на оценке стойкости к холодным и склонности к горячим трещинам можно сделать вывод, что сталь обладает хорошей свариваемостью. Сварные соединения, сваренные из этой стали всеми способами сварки, обладают удовлетворительной стойкостью против кристаллизационных трещин. Это обусловлено низким содержанием в них углерода.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						14
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Технология сварки щеки металлических кабельных барабанов

Сварка - это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. В настоящее время создано очень много методов сварки. Все известные виды сварки приведены и классифицированы в ГОСТ 19521-74[2].

ГОСТ 19521-74 классифицирует сварочные процессы по основным физическим, техническим и технологическим признакам. По физическим признакам, в зависимости от формы используемой энергии, предусматриваются три вида сварки: термическая сварка, термомеханическая сварка и механическая сварка.

Термически вид сварки включает все методы с использованием тепловой энергии (дуговая сварка, газовая сварка, плазменная сварка и т. д.).

Термомеханический вид объединяет все методы сварки, при которых используются давление и тепловая энергия (контактная сварка, диффузионная сварка)

Механический вид включает методы сварки, осуществляемые с помощью механической энергии (холодная сварка, сварка трением, ультразвуковая сварка, сварка взрывом).

Виды сварки классифицируются по следующим техническим признакам:

- по способу защиты металла в зоне сварки (на воздухе, в среде защитного газа, в вакууме, под слоем флюса, с комбинированной защитой);
- по степени механизации (ручная, механизированная, автоматизированная, автоматическая);
- по характеру защиты металла в зоне сварки (со струйной защитой, в контролируемой атмосфере).

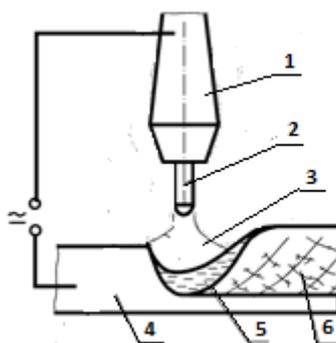
					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						15
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1 Наиболее распространенные способы сварки

Дуговая (электродуговая) сварка. Дуговая сварка металла это сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплом электрической дуги. Наибольшее применение получили четыре способа дуговой сварки.

2.1.1 Ручная дуговая сварка металла

Может производиться двумя способами: неплавящимся электродом и плавящимся электродом.



1 – держатель электродов; 2 – неплавящийся электрод; 3 – дуга; 4 – основной металл;
5 – сварочная ванна; 6 – шов

Рисунок 2.1.1 - Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом

При ручной дуговой сварке неплавящимся электродом. [3] (Рис. 2.1.1). Свариваемые кромки изделия приводят в соприкосновение. Между неплавящимся электродом и изделием возбуждают дугу. Кромки изделия и вводимый в зону дуги присадочный материал нагреваются до плавления, образуется ванночка расплавленного металла. После затвердевания металл в ванночке образует сварной шов. При сварке угольным электродом дуга горит в парах углерода. Этот способ используется при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при наплавке твердых сплавов.

Достоинства ручной дуговой сварки неплавящимся электродом:

- возможность сварки активных металлов (Алюминий, Медь, Титан);
- возможность сварки деталей из металла не большой толщины;

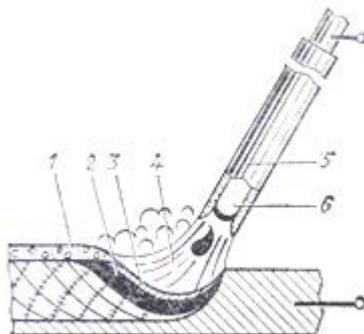
									Лист
									16
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- высокая концентрация тепловой энергии, высокая температура дуги (15000°-25000°С);
- «чистый » процесс, нет угара химических элементов.

Недостатки ручной дуговой сварки неплавящимся электродом:

- требуется очень высокая квалификация сварщиков;
- относительно низкая производительность процесса;
- невозможность сварки на открытом воздухе.

При ручной дуговой сварке плавящимся электродом (рисунок 2.1.2) используется так называемый штучный электрод с покрытием-обмазкой. Этот способ является основным при ручной сварке. Электрическая дуга возбуждается аналогично первому способу, но расплавляет и электрод и кромки изделия. Получается общая ванна жидкого металла, которая, охлаждаясь, образует шов.



- 1 – закристаллизовавшийся шлак; 2 – закристаллизовавшийся металл сварного шва;
 3– расплавленный металл сварочной ванны; 4 – сварочная дуга;
 5 –обмазка электрода; 6 – электрод

Рисунок 2.1.2 - Ручная дуговая сварка плавящимся электродом

Достоинства ручной дуговой сварки плавящимся электродом:

- наиболее мобильный вид сварки;
- возможность сварки с надежной защитой сварочной ванны на монтаже (открытый воздух);
- возможность сварки в труднодоступных местах;
- широкий выбор предлагаемых марок электродов.

									Лист
									17
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.783 ПЗ				

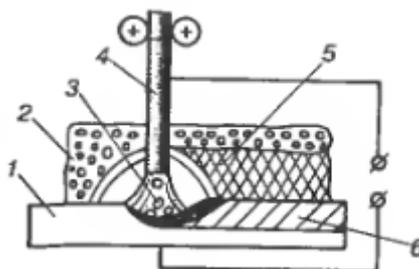
Недостатки ручной дуговой сварки плавящимся электродом:

- качество шва зависит от квалификации и самочувствия сварщика;
- низкая производительность процесса;
- большой объем тепловложений.

2.1.2 Автоматическая сварка металла под флюсом

Особенность процесса автоматической дуговой сварки под флюсом является применение непокрытой сварочной проволоки и гранулированного (зернистого) флюса (рисунок 2.1.3).

Сварку ведут закрытой дугой, горящей 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.



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

Рисунок 2.1.3 - Автоматическая дуговая сварка под флюсом

Сварку под флюсом выполняют плавящимся электродом. Дуга горит вблизи переднего края ванны, несколько отклоняясь от вертикального положения в сторону, обратную направлению сварки. Под влиянием давления дуги жидкий металл также оттесняется в сторону противоположную направлению сварки, образуя кратер сварочной ванны. Под дугой находится тонкая прослойка жидкого металла, от толщины которой во многом зависит глубина проплавления. Расплавленный флюс, по-

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

падающий в ванну, вследствие значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем защитного шлака.

Достоинства дуговая сварка под флюсом:

- получение швов с высокими механическими свойствами;
- глубокое проплавление свариваемого металла;
- высокая производительность процесса.

Недостатки дуговая сварка под флюсом:

- трудность сварки деталей небольших толщин;
- невозможность выполнения швов в положении, отличных от нижнего;
- затруднено визуальное наблюдение за процессом.

2.1.3 Дуговая сварка металла в защитном газе

Сварка в среде защитного газа, предложенная Н.В. Бенардосом в 1883 году, является одним из видов дуговой сварки. Во время такой сварки (рисунок 2) в зону дуги подается специально подобранный газ или смесь газов, струя которого, обтекая электрическую дугу и сварочную ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха, окисления и азотирования [4].

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						19
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

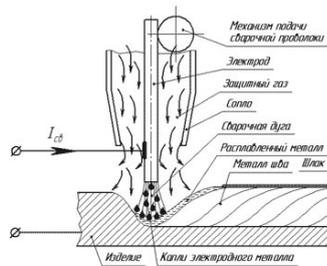


Рисунок 2.1.4 - Схема сварки в защитных газах

Преимущества дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе:

- высокая плотность мощности, обеспечивающая относительно узкую зону термического влияния;
- возможность металлургического воздействия на металл шва за счет регулирования состава проволоки и защитного газа;
- широкие возможности механизации и автоматизации процесса сварки;
- высокая производительность сварочного процесса.

К недостаткам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги.

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

Преимуществами сварки в защитном газе являются: возможность сварки различных материалов толщиной от долей миллиметров до десятков и сотен миллиметров во всех пространственных положениях, высокое качество соединений, высокая производительность, роботизация процесса.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						20
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Обоснование выбора способа сварки

Исходя из конструкции сварного фланца (см. рисунок 1.1), видно, что детали изделия имеют разную толщину и большую протяженность шва, и поэтому при сварке наиболее целесообразно использовать механизированные и роботизированные способы сварки.

На выбор способа сварки влияет также объем производства. На основании пожеланий завода, увеличения производительности до 2000 шт. в год подходит роботизированная сварка в среде защитных газов.

На основании всего вышесказанного выбираем роботизированную дуговую сварку в среде защитных газов.

При роботизированной дуговой сварке в среде защитных газов необходимо проводить дополнительные операции: обеспечение и проверка точности сборки изделия, жесткое позиционирование изделия и монтирование дополнительной опции, как система слежения за сварочным швом.

Роботизированная сварка в среде защитных газов обеспечивает хороший товарный вид изделия. Не требуется дополнительной обработки швов на зачистных машинах из-за отсутствия брызг расплавленного металла, при правильном подборе режима сварки, отсутствия чешуйчатости на поверхности шва.

На выбор сварки также повлияло наличие широкого спектра серийно выпускаемого основного сварочного оборудования для дуговой сварки в среде защитных газов и легкость роботизации процессов.

2.3 Выбор сварочных материалов

2.3.1 Выбор защитного газа

Защитный газ выбирают в зависимости от рода свариваемых материалов, технологических задач, требований, предъявляемых к сварным соединениям, а также от других условий. Технологическими преимуществами является относительная про-

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

стота процесса сварки и возможность применения механизированной сварки в различных пространственных положениях. Незначительный объем шлаков позволяет получить высокое качество сварных швов.

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

Инертные газы применяют для сварки химически активных металлов (титан, алюминий, магний и др.), а также во всех случаях, когда необходимо получать сварные швы, однородные по составу с основным и присадочным металлом (высоколегированные стали и др.). Инертные газы обеспечивают защиту дуги и свариваемого металла, не оказывая на него металлургического воздействия.

Аргон поставляется по ГОСТ 10157—79 «Аргон газообразный и жидкий» следующих сортов с содержанием аргона не менее (%):

- высшего сорта (99,99),
- 1-го сорта (99,98),
- 2-го сорта (99,95),
- остальное — кислород (0,005), азот (0,004), влага (0,03).

Гелий выпускают по МРТУ 51-04-23-64 составов (%):

- марка I (99,6—99,7),
- марка II (98,5—99,5),
- остальное — азот.

Аргон и гелий поставляют в баллонах вместимостью 40 л под давлением 15 МПа. Баллон для аргона окрашен в серый цвет, надпись зеленого цвета; баллон для гелия — коричневый, надпись белого цвета. В связи с тем, что гелий в 10 раз легче аргона, расход гелия при сварке увеличивается в 1,5—2 раза. По отношению к меди инертным является также азот (N₂), который поставляется по ГОСТ 9293—74 «Азот газообразный и жидкий» в газообразном состоянии четырех сортов (состав, %):

- высший — 99,9;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						22
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 1-й — 99,5;
- 2-й — 99,0;
- 3-й — 97,0;
- остальное — примеси.

Активным и защитными газами называют газы, вступающие в химическое взаимодействие со свариваемым металлом и растворяющиеся в нем (углекислый газ, водород, пары воды и др.). Основным активным защитным газом является углекислый газ, который поставляется по ГОСТ 8050—76 «Двуокись углерода газообразная и жидкая». Для сварки используют сварочный углекислый газ чистотой 99,5%.

Углекислый газ хранят и транспортируют в жидком виде преимущественно в стальных баллонах емкостью 40 л под давлением 6,0—7,0 МПа. В баллоне находится 60—80% жидкой углекислоты, а остальное — испарившийся газ. Цвет баллона черный, надпись желтого цвета.

Смеси газов обладают в ряде случаев лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы. Например, смесь углекислого газа с кислородом (2—5%) способствует мелкокапельному переносу металла, уменьшению разбрызгивания (на 30—40%), улучшению формирования шва. Смесь из 70% He и 30% Ar увеличивает производительность сварки алюминия, улучшает формирование шва и позволяет сваривать за один проход металл большей толщины. [4].

Наиболее распространенными при сварке сталей являются следующие защитные газовые смеси:

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

Смесь аргона с кислородом

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

Смесь углекислого газа с кислородом

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						23
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При добавлении к углекислому газу кислорода снижается разбрызгивание при сварке, улучшается формирование шва, увеличивается выделение тепла, что в некоторой степени повышает производительность сварки. С другой стороны, в результате повышенного окисления ухудшаются механические свойства швов.

Смесь аргона с углекислым газом

Применение смеси аргона и углекислого газа (обычно 5- 20%) эффективно при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей. По сравнению со сваркой в чистом аргоне или углекислом газе более легко достигается струйный перенос электродного металла. Сварные швы более пластичны, чем при сварке в чистом углекислом газе. По сравнению со сваркой в чистом аргоне меньше вероятность образования пор. Смесь аргона с углекислым газом значительно дешевле, чем чистый аргон. В связи с этим сварку щеки будем производить в смеси аргона с углекислым газом «Corgon 18», как и в базовом варианте.

2.3.2 Выбор сварочной проволоки

При сварке углеродистых и низколегированных сталей выбор сварочных материалов обусловлен обеспечением стойкости металла шва к образованию горячих и холодных трещин и требованиями к механическим и эксплуатационным свойствам металла шва.

Характеристика сварочной проволоки

При сварке в смеси газов сварочную проволоку выбирают таким образом, чтобы проволока содержала пониженное количество углерода и повышенное содержание раскислительных элементов (марганец, кремний), а в остальном ее химический состав максимально совпадал с химическим составом основного металла.

Для сварки фланца выбираем проволоку *Cv –08Г2С*.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						24
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Химический состав низкоуглеродистой проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [5]

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
от 0,5 до 0,11	от 0,7 до 0,95	от 1,80 до 2,95	до 0,12	Не более 0,25	Не более 0,025	Не более 0,03

Проволока относится к разряду омедненных. Св-08Г2С обеспечивает надежность соединения благодаря ее высоким сварочно-технологическим свойствам. Диаметр стальной сварочной проволоки Св-08Г2С варьируется от 0,8 до 4,0 мм.

Сварочная проволока Св-08Г2С применяется для сварочных работ малоуглеродистых и низколегированных сталей.

2.4 Расчет режимов сварки

2.4.1 Расчет режима сварки щеки кабельного барабана для базовой технологии

1. Параметры режима сварки, которые требуется рассчитать:

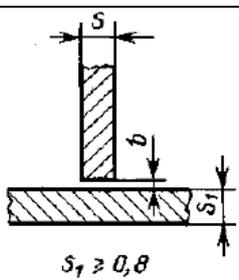
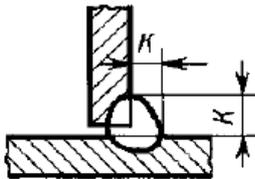
- 1) напряжение на сварочной дуге U_c
- 2) скорость подачи электродной проволоки $V_{ЭЛ}$;
- 3) расход защитного газа $q_{з.г}$
- 4) коэффициент расплавленного металла α_p ;
- 5) коэффициент наплавленного металла α_n ;

Сведения о стандартных типах соединений, швов и форм подготовки кромок для дуговой сварки в защитных газах приведены в ГОСТ 14771-76.[8]

2. Подготовка исходных данных. В качестве исходной информации для расчета режима сварки имеется площадь наплавленного металла $F_{Hi} = 4,5 \text{ мм}^2$, диаметр электродной проволоки $d_{ЭЛ} = 1 \text{ мм}$, сила сварочного тока $I_{св} = 90 \text{ А}$ и скорость сварки $V_{св} = 8,4 \text{ мм/с}$. []

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						25
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.2 - Фрагмент ГОСТ 14771-76 тавровое одностороннее соединение без скоса кромок

Условные обозначения сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	S	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Шва сварного соединения			Номин.	Предельное отклонение
T1			ИП УП ИНп	0,8-3,0	0	+0,5

3. Расчет

3.1. При сварке в защитных газах величина коэффициента наплавки может существенно отличаться от величины коэффициента расплавления в связи с потерями электродного металла.

Для сварки в смеси газов коэффициенты расплавления α_p необходимо рассчитывать по следующей формуле:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{св}^{(0,32)} \cdot L_э^{(0,38)} \cdot d^{(-0,64)}; \quad (7)$$

где: $d_{э.п} = 1$ мм – диаметр электрода

$I_{св} = 90$ А – сварочный ток

$L_э = 10 \cdot d = 10 \cdot 1 = 10$ мм – вылет электрода

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 90^{(0,32)} \cdot 10^{(0,38)} \cdot 1^{(-0,64)} = 12,2 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						26

3.2. Коэффициент наплавки рассчитаем по формуле α_H :

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \frac{100 \cdot \varphi}{100}; \quad (8)$$

где φ -коэффициент потерь, равный 3,2% [8]

$$\alpha_H = 12,2 \cdot \frac{100 \cdot 3,2}{100} = 11,8 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

3.3 Скорость сварки:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_c}{3600 \cdot \rho \cdot F_H}; \quad (9)$$

$$V_{CB} = \frac{11,8 \cdot 90}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,045} = \frac{0,84 \text{ см}}{\text{с}} = 8,4 \text{ мм/с}$$

3.3. Скорость подачи электродной проволоки $V_{ЭЛ}$ однозначно определяются при известных F_{Hi} , $d_{ЭЛ}$ и V_{CB} , мм/с:

$$V_{ЭЛ} = \frac{F_{Hi} \cdot V_{CB} \cdot (1 + \psi_p)}{F_{ЭЛ}} = \frac{4 \cdot F_{Hi} \cdot V_{CB} \cdot (1 + \psi_p)}{\pi \cdot d_{ЭЛ}^2}; \quad (10)$$

$$V_{ЭЛ} = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 0,84 \cdot (1 + 0,03)}{3,14 \cdot 1^2} = 4,96 \text{ см/с} = 178,6 \text{ м/ч}$$

3.4. Напряжение на сварочной дуге, В:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot I_c, \quad (11)$$

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 90 = 18,5 \text{ В}$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						27
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.5. Расход защитного газа, л/с:

$$q_{згi} = 0,0033 \cdot I_{Ci}^{0,75}, \quad (12)$$

$$q_{згi} = 0,0033 \cdot 90^{0,75} = 0,1 \text{ л/с} = 6 \text{ л/мин}$$

3.6. Плотность тока рассчитывается по формуле:

$$j = \frac{I_{св}}{F_{эл}} = \frac{4 \cdot I_{св}}{\pi \cdot d^2}, \quad (13)$$

$$j = \frac{4 \cdot 90}{3,14 \cdot 1^2} = 115 \text{ А/мм}^2$$

где $F_{эл}$ - площадь поперечного сечения электрода

Таблица 2.3 – Режимы сварки для базовой технологии

$F_{н}, \text{мм}^2$	$I_{св}$	$d_{э.п}, \text{мм}$	$\alpha_{н}, \text{Г/Ач}$	$\alpha_{р}, \text{Г/Ач}$	$V_{э.п}, \text{мм/с}$	$V_{св}, \text{мм/с}$	$L_{э}, \text{мм}$	$U_{с}, \text{В}$
4,5	90	1	12 ± 1	12 ± 1	49,6	8,4	10	*19

Сварка прихваток осуществляется на тех же режимах, на которых происходит сварка щеки кабельного барабана.

2.4.2 Расчет режима дуговой сварки в смеси газов по площади наплавленного металла, проектируемый вариант

1. Параметры режима сварки, которые требуется рассчитать:

- 1) диаметр электродной проволоки $d_{эл}$;
- 2) скорость сварки $V_{с}$;
- 3) скорость подачи электродной проволоки $V_{эл}$;
- 4) сварочный ток $I_{с}$;
- 5) напряжение на сварочной дуге $U_{с}$;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						28
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сведения о стандартных типах соединений, швов и форм подготовки кромок для дуговой сварки в защитных газах приведены в ГОСТ 14771-76.[6]

Фрагмент ГОСТ 14771-76 тавровое одностороннее соединение без скоса кромок представлен в таблице 2.2 п.п. 2.4.1.

2. Подготовка исходных данных. В качестве исходной информации для расчета режима сварки необходимо иметь площадь наплавленного металла $F_{Hi} = 4,5 \text{ мм}^2$ прихватки.[7]

3. Расчет

3.1. Диаметр электродной проволоки рассчитываем по известной площади наплавленного металла, мм:

$$d_{э.п} = K_d \cdot F_{Hi}^{0.625} \quad (14)$$

где $F_{Hi} = 4,5 \text{ мм}^2$;

Коэффициент K_d выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации из таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Значение коэффициента K_d [4]

Положение шва	Сварка	
	Автоматическая	Механизированная
«Лодочка», нижнее	0,149...0,409	0,149...0,409
Вертикальное горизонтальное, потолочное	0,184...0,503	0,184...0,326

Согласно таблице 2.4 принимаем $K_d = 0,279$

$$d_{э.п} = 0,279 \cdot 4,5^{0.625} = 0,91 \text{ мм}$$

Расчетные значения $d_{э.п} = 0,91 \text{ мм}$ округляем до стандартных $d_{э.п} = 1 \text{ мм}$.

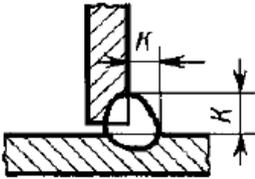
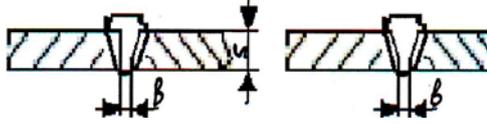
					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.2. Сварочный ток определяют по формуле:

$$I_{св} = \frac{H_p}{k_p} \cdot 100; \quad (15)$$

где H_p -глубина проплавления, которую можно определить по таблице 2.5

Таблица 2.5 - Определение расчетной глубины проплавления при механизированной и автоматической сварке

Вариант	Эскиз шва и формы подготовки кромок	Формула для определения расчетной глубины проплавления
1		$h_p = s - 0,5b$
2		$h_p = 0,8S - 0,5b$
3		$h_p = 0,7s - 0,5b$

Согласно таблице 2.5 принимаем формулу для расчета глубины проплавления при механизированной сварке:

$$h_p = 1,1k ; \quad (16)$$

$$h_p = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ мм}$$

Тогда:

$$I_{св} = \frac{3,3}{2,35} \cdot 100 = 140,4;$$

3.3 При сварке в защитных газах величина коэффициента наплавки может существенно отличаться от величины коэффициента расплавления в связи с потерями электродного металла.

Для сварки в смеси газов коэффициент расплавления α_p необходимо рассчитывать по следующей формуле:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{св}^{(0,32)} \cdot L_3^{(0,38)} \cdot d^{(-0,64)}, \quad (17)$$

$$\alpha_p = 1,21 \cdot 140^{(0,32)} \cdot 10^{(0,38)} \cdot 1^{(-0,64)} = 18,99 = 19 \text{ г/Ач}$$

где вылет электрода:

$$L_3 = 10 \cdot d = 10 \cdot 1 = 10 \text{ мм}, \quad (18)$$

3.4. Рассчитаем коэффициент потерь и коэффициент наплавки по формуле α_n :

$$\Psi_n = 16 \cdot \exp [-7,48 \cdot 10^{(-5)} \cdot (200 - j)^2]$$

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \frac{100 \cdot \varphi}{100}, \quad (19)$$

$$\alpha_n = 19, \cdot \frac{100 \cdot 3,2}{100} = 18,4 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

3.5. Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_c}{3600 \cdot \rho \cdot F_n}; \quad (20)$$

$$V_{св} = \frac{18,4 \cdot 140}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,045} = 2,04 \text{ см/с} = 20 \text{ мм/с}$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.6. Напряжение на сварочной дуге, В:

$$U_{ci} = 14 + 0,05 \cdot I_{ci}, \quad (21)$$

$$U_{ci} = 14 + 0,05 \cdot 140 = 21В$$

3.7. Скорость подачи электродной проволоки $V_{э.л}$ однозначно определяются при известных F_{Hi} , $d_{э.л}$ и $V_{св}$, мм/с:

$$V_{э.л} = \frac{F_{Hi} \cdot V_{ci} \cdot (1 + \psi_p)}{F_{э.л}} = \frac{4 \cdot F_{Hi} \cdot V_{св} \cdot (1 + \psi_p)}{\pi \cdot d_{э.л}^2}, \quad (22)$$

$$V_{э.л} = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 2,04 \cdot (1 + 0,03)}{3,14 \cdot 1^2} = 12 \text{ см/с} = 432 \text{ м/ч}$$

Таблица 2.6 – Режимы сварки проектируемой технологии

F_H , мм ²	$I_{св}$	$d_{э.л}$, мм	α_n , Г/Ач	α_p Г/Ач	$V_{э.л}$, мм/с	$V_{св}$, мм/с	$L_{э}$, мм	U_c , В
4,5	140	1	18±1	19±1	120	20	10	21

2.5 Технология сборки и сварки щеки металлических кабельных барабанов. Базовый вариант

1. Доставка листа со склада и контроль качества поверхности металла.

Лист проверяется на наличие расслоения, деформаций. Также проверяется качество поверхности листа на наличие волосовин и закатов.

2. Резка.

Резка внутренней обечайки, внешнего обода и гофрированного листа выполняется при помощи установка лазерной резки Mitsubishi ML3015eX-S. Лист разрезается по размерам согласно чертежу.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						32
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Гибка.

Гибка внутренней обечайки и внешнего обода производится при помощи гидравлических трехвалковых вальцов Sahinler серии 3R HSS.

4. Контроль геометрических размеров деталей.

Обод и обечайка проверяются на эллипсоидность и отсутствие внешних трещин.

5. Сборка и сварка внутренней обечайки.

Сборка и сварка внутренней обечайки осуществляется с помощью полуавтомата TAURUS 355.

Параметры режимов сварки внутренней обечайки представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Режимы сварки внутренней обечайки

$I_{св}, А$	$d_{э.п}, мм$	$V_{э.п}, мм/с$	$V_{св}, мм/с$	$L_{э}, мм$	$U_c, В$
170	1	100	14	10	23

6. Сборка и сварка внешнего обода.

Сборка-сварка внешнего обода осуществляется с помощью полуавтомата TAURUS 355.

2.7.Параметры режимов сборки - сварки внешнего обода представлены в таблице

Таблица 2.8 – Режимы сборки сварки внешнего обода

$I_{св}, А$	$d_{э.п}, мм$	$V_{э.п}, мм/с$	$V_{св}, мм/с$	$L_{э}, мм$	$U_c, В$
220	1,6	160	23	16	30

7. Зачистка.

Зачистка выполняется шлифовальной машинкой Bosch GWS26-230 JBVe

8. Правка.

										Лист
										33
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.783 ПЗ					

Правка внутренней обечайки и внешнего обода производится при помощи гидравлических трехвалковых вальцов Sahinler серии 3R HSS для придания кольцевидной формы

9. Сборка гофрированного листа.

Сборка осуществляется на прихватки с помощью полуавтомата TAURUS 355.

- Выложить внешний обод на плиту в технологический паз 1;
- Закрепить обод при помощи быстрозажимной струбцины;
- Выложить внутреннюю обечайку на плиту в технологический паз 2;
- Закрепить обечайку при быстрозажимной струбцины;
- Выложить гофрированный лист на плиту между внутренней обечайкой и внешним ободом;
- Закрепить гофрированный лист при помощи струбцины.

Собирать заготовки на прихватки:

- катет прихватки 3 мм;
- по всей длине внутренней обечайки на расстоянии 60-80 мм;
- по всей длину внешнего обода на расстоянии 160-180 мм друг от друга

2.8. Параметры режимов сборки гофрированного листа представлены в таблице

Таблица 2.9 – Режимы сварки прихваток базовой технологии

$F_n, \text{мм}^2$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$d_{\text{э.п}}, \text{мм}$	$\alpha_n, \text{г/Ач}$	$\alpha_p, \text{г/Ач}$	$V_{\text{э.п}}, \text{мм/с}$	$V_{\text{св}}, \text{мм/с}$	$L_{\text{э}}, \text{мм}$	$U_c, \text{В}$
4,5	90	1	12±1	12±1	49,6	8,4	10	19

10. Сборка-сварка крестовины.

Сбрка-сварка крестовины осуществляется с помощью полуавтомата «TAURUS 355»;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ			Лист
								34
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

- На сборочный стол внутренней обечайки закрепляем два упора высотой - 5,6 мм;
- На упоры выкладываем нижнюю пластину с тремя технологическими отверстиями;
- Поперек данной пластины выкладываем пластину с одним центральным отверстием;
- Угольником проверяем углы крестовины и соосность центрального отверстия;
- Закрепляем пластины струбцинами;
- Собираем заготовки на прихватки (катет прихватки 3 мм);
- Наносим по одной прихватки от центра крестовины длиной 30 мм

11. Параметры сборки-сварки крестовины

Режимы сварки и расхода защитного газа прихваток крестовины аналогичны режимам гофрированного листа табл.2.9

12. Зачистка

Зачистка выполняется шлифовальной машинкой Bosch GWS26-230 JBVe

13. Доставка изделия к месту сварки.

14. Сварка.

Сварка осуществляется с помощью полуавтомата TAURUS 355.

Параметры режимов сборки-сварки щеки кабельного барабана представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Режимы сварки щеки кабельного барабана базовой технологии

$F_n, \text{мм}^2$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$d_{\text{э.п}}, \text{мм}$	$\alpha_n, \text{г/Ач}$	$\alpha_p, \text{г/Ач}$	$V_{\text{э.п}}, \text{мм/с}$	$V_{\text{св}}, \text{мм/с}$	$L_{\text{э}}, \text{мм}$	$U_c, \text{В}$
4,5	90	1	12 ± 1	12 ± 1	49,6	8,4	10	19

Расход защитного газа: $q_{\text{згi}}=9$ л/мин. Выполнение сварки щеки кабельного барабана производится в соответствии с рабочим чертежом. При этом основной шов должен полностью перекрывать прихватки. В первую очередь производится сварка

					ДП 44.03.04.783 ПЗ			Лист
								35
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

вертикальных швов, а затем в нижнем положении. Сварка крестовины производится:

- а) два центральных параллельных шва – в нахлест;
- б) нижняя пластина – два тавровых шва;
- в) верхняя пластина - два тавровых шва.

15. Контроль готового изделия.

На данном этапе производится визуальный контроль катета и формы шва, отсутствие подрезов, трещин, а так же геометрии изделия в соответствии с чертежом, при необходимости отправляется на правку.

16. Готовая щека кабельного барабана отправляется на склад готовой продукции.

2.6 Технология сборки и сварки щеки кабельного барабана.

Проектируемый вариант

1. Доставка листа со склада и контроль качества поверхности металла.

Лист проверяется на наличие расслоения, деформаций. Также проверяется качество поверхности листа на наличие волосовин и закатов.

2. Резка.

Резка внутренней обечайки, внешнего обода и гофрированного листа выполняется при помощи установка лазерной резки Mitsubishi ML3015eX-S. Лист разрезается по размерам согласно чертежу.

3. Гибка.

Гибка внутренней обечайки и внешнего обода производится при помощи гидравлических трехвалковых вальцов Sahinler серии 3R HSS.

4. Контроль геометрических размеров деталей.

Обод и обечайка проверяются на эллипсоидность и отсутствие внешних трещин.

5. Сборка-сварка внутренней обечайки.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						36
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сборка-сварка внутренней обечайки осуществляется с помощью полуавтомата TAURUS 355.

Параметры режимов сборки - сварки и расход защитного газа внутренней обечайки представлены в таблице 2.7 (п.п. 2.5)

6. Сборка-сварка внешнего обода.

Сборка-сварка внешнего обода осуществляется с помощью полуавтомата TAURUS 355.

Параметры режимов сборки - сварки и расхода защитного газа внешнего обода аналогичные базовой технологии и представлены в таблице 2.8 (п.п. 2.5)

7. Зачистка.

Зачистка выполняется шлифовальной машинкой Bosch GWS26-230 JBVe

8. Правка.

Правка внутренней обечайки и внешнего обода производится при помощи гидравлических трехвалковых вальцов Sahinler серии 3R HSS для придания кольцевидной формы.

9. Сборка гофрированного листа.

Сборка осуществляется на прихватки с помощью полуавтомата TAURUS 355.

- Выложить внешний обод на плиту в технологический паз 1;
- Закрепить обод при помощи быстрозажимной струбцины;
- Выложить внутреннюю обечайку на плиту в технологический паз 2;
- Закрепить обечайку при быстрозажимной струбцины;
- Выложить гофрированный лист на плиту между внутренней обечайкой и внешним ободом;
- Закрепить гофрированный лист при помощи струбцины.

Собирать заготовки на прихватки:

- катет прихватки 3мм;
- по всей длине внутренней обечайки на расстоянии 60-80 мм;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						37
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- по всей длину внешнего обода на расстоянии 160-180 мм друг от друга

Параметры режимов сборки-сварки и расхода защитного газа гофрированного листа аналогичные базовой технологии и представлены в таблице 2.9 (п.п. 2.5)

10. Сборка-сварка крестовины.

Сборка-сварка крестовины осуществляется с помощью полуавтомата «TAURUS 355»;

- На сборочный стол внутренней обечайки закрепляем два упора высотой - 5,6 мм;
- На упоры выкладываем нижнюю пластину с тремя технологическими отверстиями;
- Поперек данной пластины выкладываем пластину с одним центральным отверстием;
- Угольником проверяем углы крестовины и соосность центрального отверстия;
- Закрепляем пластины струбцинами;
- Собираем заготовки на прихватки (катет прихватки 3 мм);
- Наносим по одной прихватки от центра крестовины длиной 30 мм

11. Параметры режимов сборки-сварки крестовины.

Режимы сварки и расхода защитного газа прихваток крестовины аналогичны режимам гофрированного листа табл.2.9 базовой технологии.

12. Зачистка.

Зачистка выполняется шлифовальной машинкой Bosch GWS26-230 JBVe

13. Доставка изделия к месту сварки.

14. Закрепление детали на позиционере.

Деталь крепится к позиционеру IRBP 500C при помощи кулачковой планшайбы в первой позиции. Позиционер разворачивается на 180°.

15. Сварка.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						38
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Робот IRB 1600 с помощью лазерного датчика Scansonic TH 6D слежения определяет положение шва и начало сварки на внешнем диаметре изделия. Робот начинает варить, в процессе сварки идет автоматическое слежение за швом. Происходит поворот изделия для сохранения нижнего положения сварки.

16. После завершения сварки внешнего диаметра, робот переходит к сварке внутреннего диаметра.

17. Последовательность сварки крестовины выполняется аналогично базовой технологии п.п.2.5.

18. После завершения сварки изделия, робот переходит к центру обслуживания горелки, где происходит чистка сопла, подрезка проволоки и обработка горелки жидкостью от налипания брызг.

В это время позиционер разворачивается на 180° , в рабочую зону робота поступает для сварки новое изделие.

Повторяется последовательность сварочных работ.

19. Во время сварки оператор приступает к выгрузке готового изделия и установке нового.

Повторяется выгрузка и загрузка детали.

Параметры режимов сварки щеки представлены в таблице 2.11

Таблица 2.11 – Режимы сварки проектируемой технологии

$F_n, \text{мм}^2$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$d_{\text{э.п}}, \text{мм}$	$\alpha_n, \text{г/Ач}$	$\alpha_p, \text{г/Ач}$	$V_{\text{э.п}}, \text{мм/с}$	$V_{\text{св}}, \text{мм/с}$	$L_3, \text{мм}$	$U_c, \text{В}$
4,5	140	1	18 ± 1	19 ± 1	120	20	10	21

Расход защитного газа проектируемой технологии $q_{\text{згг}}=9$ л/мин.

20. Контроль готового изделия.

На данном этапе производится визуальный контроль катета и формы шва, отсутствие подрезов, трещин, а так же геометрии изделия в соответствии с чертежом, при необходимости отправляется на правку.

21. Готовая щека кабельного барабана отправляется на склад готовой продукции.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ			Лист
								39
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

3 Выбор оборудования

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						40
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.1 Оборудование для сварки

3.1.1 Промышленный робот IRB 1600



Рисунок 3.1 - Промышленный робот IRB 1600

IRB 1600 — быстрый и мощный робот. Разработанный как относительно недорогой, универсальный робот, IRB 1600 идеален для электродуговой сварки. Будучи универсальным роботом с увеличенной рабочей зоной, IRB 1600 является профессионалом во всех областях применения. Надёжная комбинация проверенных технологий с протестированными инновациями даёт безотказную работу, а также короткое время сервисного обслуживания и ремонта, что, в свою очередь, обеспечивает высокую производительность.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						41
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.1 - Технические характеристики промышленного робота IRB1600

Типы роботов IRB 1600 - 6/1.45	Радиус действия 1,45 м	Грузоподъемность 6 кг
Количество осей	6	
Защита	IP54	
Расположение	Напольное, наклонное, настенное, потолочное и полочное.	



ХАРАКТЕРИСТИКИ

Погрешность позиционирования	0,02 мм
Погрешность траектории	0,48 мм

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Напряжение питания	200—600 В, 50/60 Гц
Потребляемая мощность	ISO-Cube при максимальной скорости 0,57 кВт

ВНЕШНИЕ ПАРАМЕТРЫ

Габариты основания робота	484 x 648 мм Высота 1392 мм
Вес	250 кг

РАБОЧАЯ СРЕДА

Внешняя температура при работе	от +5 до +45 °С
Внешняя температура при транспортировке и хранении	от -25 до +55 °С
На короткие периоды	(не более 24 ч) до +70 °С
Относительная влажность	не более 95 %
Уровень шума	не более 73 дБ
Безопасность	Двухканальный контур безопасности управления, функция аварийной остановки и защиты;

3.1.2 IRC 5 Контроллер промышленных роботов

						ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
							42
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			



Рисунок 3.2 - Контроллер промышленных роботов IRC 5

IRC 5-это модульная система управления, позволяющая значительно оптимизировать производительность робота: сократить, насколько это возможно, время цикла и добиться высокой точности траектории движения робота

Таблица 3.2 - Технические характеристики контроллера промышленных роботов IRC 5

Наименование	IRC 5
Габаритные размеры, ДхШхВ(мм)	710x725x970
Электропитание, В;Гц	200-600; 50-60
Уровень защиты	IP54

3.1.3 Сварочный источник alpha Q 352 RC



Рисунок 3.3 - Сварочный источник alpha Q 352 RC

Мультипроцессный аппарат для импульсной сварки MIG/MAG.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Оптимизировано для автоматизированных работ: Уникальная цифровая система второго поколения для достижения воспроизводимых результатов сварки наивысшего качества, простая интеграция в автоматизированные системы

Автоматизированное и механизированное применение в машиностроении, автомобилестроении, производстве транспортных средств, емкостей, аппаратов и в кораблестроении.

Аппарат для импульсной сварки имеет специальную программу EWM-coldArc® Сварка и пайка в совершенном исполнении.

Короткая дуга с минимальной теплоотдачей, без брызг для сварки и пайки тонкой листовой стали, а также корневого шва с высоким качеством перекрытия зазора при минимальном короблении.

- Простая сварка корневых швов при любой толщине листа и в любом положении;
- идеальное перекрытие зазора также при изменяющейся ширине зазора;
- заварка корня шва на нелегированных и низколегированных сталях, а также высокопрочных мелкозернистых сталях;

Таблица 3.3 - Технические характеристики сварочного источника alpha Q 352 RC

Наименование	alpha Q 352 RC
Диапазон регулирования сварочного тока	5-350А
Сила тока при ПВ100% (температура окружающей среды 40°C)	350А
Напряжение холостого хода	93В
Напряжение сети	400 В (-25%;+20%)
Частота тока в сети	50/60Гц
Максимальная потребляемая мощность	13,9 кВА
Габариты источника (Д×Ш×В), мм	780x375x625
Масса источника	85кг

3.1.4 Подающий механизм M drive Rob 2 Standart

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						44
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Механизмы подачи монтируется на работе, и обеспечивают подачу проволоки диаметром от 0,8 до 1,6 мм с постоянной скоростью подачи проволоки в диапазоне 0,5 – 24,0 м/сек. Корпус изготовлен из алюминия для обеспечения максимальной легкости конструкции.



Рисунок 3.4 - Подающий механизм M drive Rob 2 Standart

Таблица 3.4 - Технические характеристики подающего механизма M drive Rob 2 Standart

Наименование	M drive Rob 2Standart
Габариты, мм	690x300x410
Вес, кг	18,2
Диаметр проволоки,мм	1,0-1,2
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5-24
Допустимый вес катушки, кг	15-18
Габариты, мм	690x300x410
Вес, кг	18,2
Диаметр проволоки,мм	1,0-1,2

3.1.5 Позиционер IRBP 500С

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



Рисунок 3.5 - Позиционер IRBP 500С

Позиционер IRBP С предназначен для позиционирования изделия в удобное для сварки положение. Так как сварной шов расположен по всему диаметру изделия, его необходимо поворачивать, чтоб сварка велась всегда в нижнем положении. Такая сварка называется сваркой в лодочку.

В данном случае позиционер имеет 2 рабочих зоны. На первой рабочей зоне происходит загрузка изделия собранного на прихватки перед сваркой, и выгрузка готового полностью сварочного изделия. Во второй рабочей зоне происходит только сварка.

Такой позиционер выбран для непрерывного процесса сварки. Он удобен тем, что загрузка и выгрузка изделия происходит в одном месте. Это существенно экономит рабочее пространство.

Таблица 3.5 - Технические характеристики позиционера IRBP 500С

Наименование	IRBP 500С
Питание	24Вт ± 20%
Температура при эксплуатации	: -10°С +60°С
Максимальное расстояние между приемником и излучателем	от 0,1м до 5м
выход реле с разделенным контактом 24 вт	1
Сигналирования состояния барьера	Led
Скорость ответа	30м/сек
Питание	24Вт ± 20%
Грузоподъемность, кг	500
Диаметр кулачковой планшайбы, мм	1000

3.1.6 Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

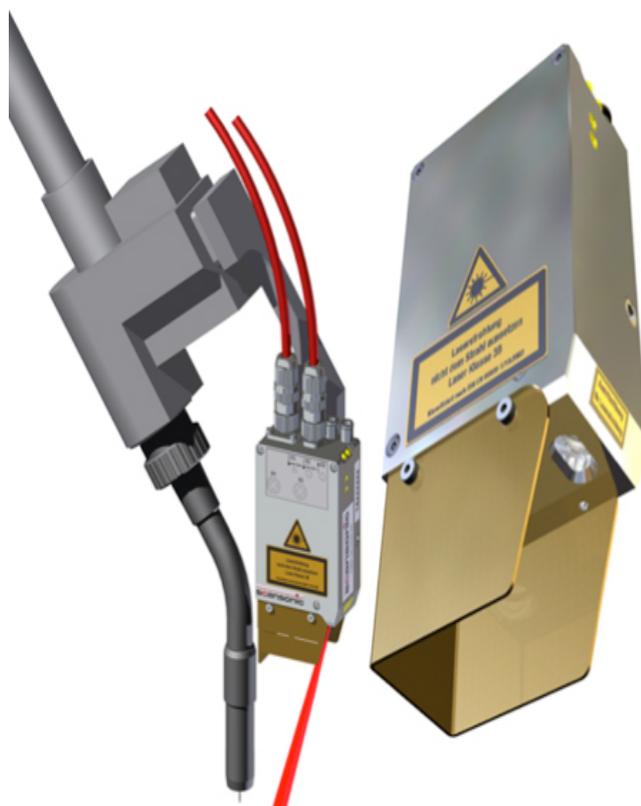


Рисунок 3.6 - Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D

Система оптического слежения за швом TH6D предназначена для использования в автоматизированных производственных процессах лазерной и дуговой сварки, клейки или в других технологических операциях, где требуется четкое и безошибочное позиционирование рабочего инструмента.

Триангуляционный датчик, не касаясь поверхности, определяет шов между деталями и передает информацию роботу о положении шва, размере зазоров, смещениях, а также ориентирует сварочную технику к обрабатываемой поверхности. Датчик очень надежен в эксплуатации. Особенно, благодаря встроенному фильтру, который отсекает посторонний свет, помехи, и обеспечивает бесперебойную работу даже вблизи обрабатываемой поверхности. Качественная обработка сигналов позволяет надежно отслеживать швы на деталях со сложной геометрией и на поверхностях, обладающих высоким коэффициентом отражения.

Таблица 3.6 - Технические характеристики лазерного датчика слежения за швом Scansonic TH 6D

Наименование					M drive Rob 2Standart					
					ДП 44.03.04.783 ПЗ					Лист
										47
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Линий измерения	3
Диапазон измерения (ШхВ) мм	16x24
Разрешение, мм	0,03x0,07
Рабочее положение, мм	150(±12)
Диапазон частот, Гц	60-240
Рабочая температура	+10°Сдо+45°С
Размеры (ДхШхВ) мм	70x40x100
Вес, кг	0,53

3.2 Оборудование для сборки

3.2.1 Сварочный полуавтомат TAURUS 355



Рисунок 3.7 - Сварочный полуавтомат TAURUS 355

Сварочный аппарат TAURUS 355 принадлежит к моделям инновационных сварочных аппаратов нового поколения, разработанного на основе надёжной и испытанной инверторной технологии EWM. Область применения аппарата охватывает весь спектр производственных задач, обеспечивая высокое качество сварки многих материалов и сплавов.

Таблица 3.7 - Технические характеристики сварочного аппарата TAURUS 355

Технические характеристики	TAURUS 355
----------------------------	------------

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Диапазон регулирования сварочного тока	5-350А
Сила тока при ПВ100% (температура окружающей среды 40°С)	350А
Напряжение холостого хода	79В
Напряжение сети	400 В (-25%;+20%)
Частота тока в сети	50/60Гц
Сетевой предохранитель	3×25А
Максимальная потребляемая мощность	15,0 кВА
Рекомендуемая мощность генератора	20,2 кВА
COS φ	0,99
Количество роликов в подающем механизме	4 (østd. 1,0-1,2 мм)
Скорость подачи проволоки	0,5-24 м/мин
Габариты источника (Д×Ш×В), мм	625 x 300 x 535
Масса источника	41 кг
Класс защиты	IP 23
Класс изоляции	Н

3.2.2 Сборочный стол



Рисунок 3.8 –Сборочный стол

Сборочный стол с отверстиями на верхней и боковых плоскостях. Стандартная сетка отверстий дополнена диагональной на боковых стенках. Для удобства на поверхность стола нанесены линии координатной сетки.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Таблица 3.8 - Технические характеристики сборочного стола

Технические характеристики	Показатель
Размеры стола (ДхШхВ), мм	2000х2000х200
Диаметр отверстий, мм	28
Толщина плиты столешницы, мм	25
Материал	Нержавеющая сталь
Высота опор стола, мм	650
Несущая способность, кг	1000

3.2.3 Быстрозажимная струбцина

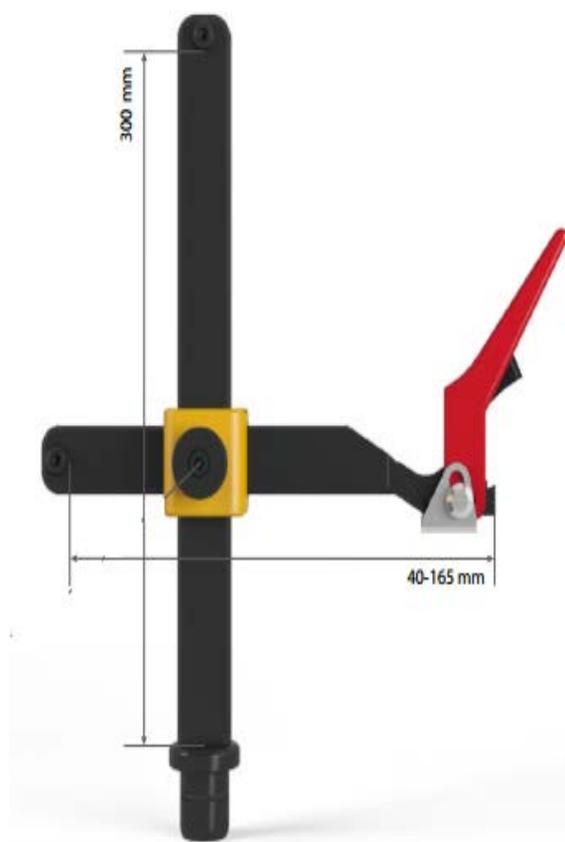


Рисунок 3.9 – Быстрозажимная струбцина

Быстрозажимная струбцина используется для быстрого и сильного зажима деталей.

Таблица 3.9 - Технические характеристики быстрозажимной струбцины

Технические характеристики	Показатель
Высота, мм	300

Ширина, мм	165
Материал	Оцинкованная сталь

3.2.4 Струбцина

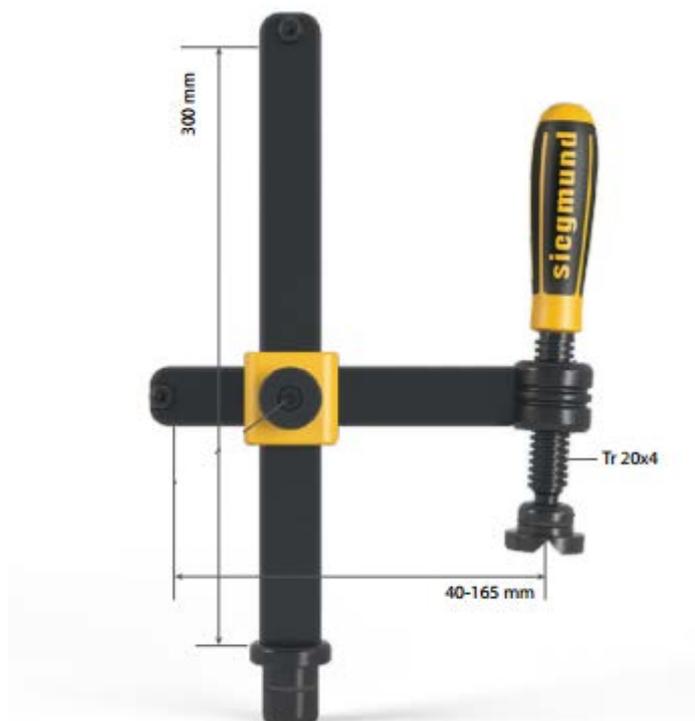


Рисунок 3.10 – Струбцина

Струбцина обеспечивает быстрый и точный зажим различных сварочных элементов. Эффективность данной детали достигается за счет экономии времени, легкости регулировки и простоте перемещения.

Таблица 3.10 - Технические характеристики струбцины

Технические характеристики	Показатель
Высота, мм	330

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Ширина, мм	165
Материал	Оцинкованная сталь

3.2.5 Универсальная призма



Рисунок 3.11 – Универсальная призма

Призма с диаметром 120 мм, высотой 35 мм и углом 157° обладает ровной опорой, что позволяет расположить ее на столе независимо от отверстий.

Таблица 3.11 - Технические характеристики Универсальной призмы

Технические характеристики	Показатель
Диаметр, мм	120
Высота, мм	35
Угол, °	157
Материал	Алюминий

3.2.6 Флекс упоры

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52



Рисунок 3.12 – Флекс упор

Флекс упор может быть идеально подогнан благодаря отверстию слоту. Из-за того, что одна из поверхностей закруглена, данный упор может использоваться в углах.

Таблица 3.12 - Технические характеристики флекс упора

Технические характеристики	Показатель
Длина, мм	90
Ширина, мм	35
Высота, мм	50
Материал	Оцинкованная сталь

3.3 Заготовительное оборудование

3.3.1 Установка лазерной резки Mitsubishi ML3015eX-S



Рисунок 3.13 – 2D установка лазерной резки с летающей оптикой и ручной сменой паллеты Mitsubishi ML3015eX-S

3.3.2 Углошлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe

Углошлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe применяется для шлифовки, зачистки и резки твердых материалов из камня, бетона и т.д., без использования воды.



Рисунок 3.14 - Углошлифовальная машинка Bosch GWS26-230 JBVe

Таблица 3.12 Технические характеристики углошлифовальной машинки Bosch GWS26-230 JBVe

Технические характеристики	Показатель
Номинальная потребляемая мощность ,Ватт	2.600
Число оборотов при холостом ходе ,мин-1	6.500
Резьба шлифовального шпинделя	M 14
Диам. круга ,мм	230

3.3.3 Гидравлические трехвалковые вальцы Sahinler серии 3R HSS



Рисунок 3.15 - Гидравлические трехвалковые вальцы Sahinler серии 3R HSS

Трехвалковые вальцы Sahinler серии 3R HSS предназначены для гибки толсто-стенных конструкций из листового металла толщиной до 25 мм.

Вальцы Sahinler серии 3R HSS используются в серийном производстве.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Все три валка приводятся в действие силовым агрегатом с тройным гидравлическим приводом.

Таблица 3.15 - Технические характеристики гидравлических трехвалковых вальцов Sahinler серии 3R HSS

Технические характеристики	Показатель
Длина, мм	2050
Круговая гибка, мм	25
Подгибка, мм	20
Диаметр верхнего валка, мм	320
Диаметр нижних валков, мм	310
Скорость, мм/мин	1,5-5
Мощность привода, кВт	22
Габариты, мм	4200x1650x1850
Вес, кг	10500

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

4 Расчет экономической эффективности внедрения технологического процесса сборки и сварки фланца кабельных барабанов

4.1 Методика расчета экономической эффективности

Целью расчета экономической эффективности является обоснование, с помощью экономических показателей целесообразности внедрения технологии сварки фланца кабельных барабанов с использованием роботизированной сварки проектного варианта.

Для определения экономической эффективности выбрана сравнительная методика, основным показателем которой является технологическая себестоимость. Рассматриваемые варианты сравниваются по всем статьям калькуляции себестоимости, а не только по тем видам затрат, которыми различаются рассматриваемые варианты.

Определяется срок окупаемости дополнительных наличных вложений, необходимых единовременных затрат для реализации проектного варианта.

Действующая технология подразумевает изготовление фланца для кабельных барабанов с использованием способа роботизированной сварки.

Предприятие изготовитель ООО «Электрон».

Внедрение проектного варианта приведет к снижению затрат, что приведет к общему снижению себестоимости изготовления сварной конструкции, что в свою очередь приведет к увеличению амортизационных отчислений.

В расчете использованы данные о расценках, стоимости сырья и материалов, энергии, полученные в процессе прохождения преддипломной практики на ООО «ДельтаСвар».

4.2 Расчет оборудования

Необходимое количество оборудования N , шт, определяют по формуле

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						57
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N = T_{\text{шт.к}} \cdot N / F_{\text{д.о}} \cdot K_{\text{вн}}, \quad (23)$$

где $T_{\text{шт.к}}$ – трудоемкость данной операции технологического процесса, час;

N – годовая программа выпуска, шт.;

$F_{\text{д.о}}$ – действительный фонд времени работы оборудования при односменной работе, час;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент планового перевыполнения нормы.

а) Базовый вариант.

Для расчетов и определения необходимого количества оборудования и применения сравнительной методики выбраны следующие исходные базовые данные:

Годовая программа выпуска продукции = 12 000 шт.

Действительный фонд времени оборудования при односменной работе = 1860 часов.

Трудоемкость данного технологического процесса при базовых показателях = 0,93 часа.

Коэффициент планового перевыполнения нормы = 1,1.

$$n_6 = 0,93 \cdot 12000 / 1860 \cdot 1,1 = 5,6 \text{ шт.}$$

Принимают шесть единиц оборудования.

б) Проектируемый вариант.

При внедрении проекта технологического процесса сборки и сварки щеки кабельного барабана планируется снижение времени на выполнение данной технологической операции по изготовлению единицы продукции, тк данный технологический процесс будет происходить с использованием роботизированной сварки, при этом объем годовой программы выпуска продукции остается неизменным для сравнения и выявления экономической эффективности применения роботизированной сварки.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						58
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Трудоемкость данного технологического процесса при использовании роботизированной сварки = 0,2 часа

$$n_{пр} = 0,2 \cdot 12000 / 1806 \cdot 1,1 = 1,2 \text{ шт.}$$

Принимают одну единицу оборудования.

4.3 Расчет капитальных вложений в оборудование и приспособления

Для определения себестоимости единицы изделия необходимо определить сумму капитальных вложений.

$$K_{об} = \sum_{i=1}^{i=1} M_{pi} \cdot C_i + \sum_{j=1}^{j=1} M_{pj} \cdot C_j, \quad (25)$$

где M_{pi} – количество оборудования для сварки;

M_{pj} – количество единиц приспособления;

C_i, C_j – цена одного аппарата j – го типоразмера, одного источника питания, одного приспособления.

Наименование необходимого оборудования и его стоимость в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Балансовая стоимость технологического оборудования

Наименование оборудования	Первоначальная стоимость единицы оборудования, руб.	
	Базовый	Проектный
кран балка	230 000	230000
источник питания	250 000	250 000
сборочный кондуктор	80 000	80 000
стенд для сварки	100 000	-
шлифмашинка	30 000	-
Робот с контроллером	-	6 500 000
Позиционер	-	3 334 400
Лазерная установка	500 000	500 000
Выльцы	300 000	300 000

Определим капитальные вложения в оборудование по формуле 25:

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						59
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{од}^{\delta} = 230000 + 250000 \cdot 7 + 80000 \cdot 7 + 100000 \cdot 7 + 30000 + 500000 + 300000 = 4070000 \text{ руб}$$

$$K_{од}^n = 230000 + 250000 + 80000 + 30000 + 6500000 + 3334400 + 500000 + 300000 = 11224400 \text{ руб}$$

4.4 Расчет численности рабочих и заработной платы

Расчет заработной платы так же необходим для определения себестоимости единицы продукции. Для данного расчета в первую очередь необходимо определить численность основного и вспомогательного персонала, участвующего в технологическом процессе сборки и сварки фланца кабельных барабанов.

Численность основных рабочих $Чр.о$, шт, определяют по формуле

$$Чр.о = T_{пр} / Фдр \cdot K_{вн}, \quad (26)$$

где $T_{пр}$ – годовая трудоемкость производственной программы, ч;

$Фдр$ – действительный фонд времени работы одного рабочего, $Фдр = 1850$ ч.

$$T_{пр} = T_{шт.к} \cdot N, \text{ час.} \quad (27)$$

а) Базовый вариант

$$Чр.о = 0,93 \cdot 12000 / 1850 \cdot 1,1 = 7 \text{ чел, принимаем 7 чел}$$

Для выполнения данной операции при базовом варианте необходимы основные рабочие по специальности сварщик 4 разряда.

б) Проектируемый вариант

$$Чр.о = 0,2 \cdot 12000 / 1850 \cdot 1,1 = 1,17 \text{ чел, принимаем 2 чел.}$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						60
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для выполнения данной операции при роботизированной сварке с учетом более высокотехнологичного процесса необходимы основные рабочие по специальности сварщик 6 разряда. Это необходимо учитывать при расчете заработной платы, тк сдельные тарифные ставки при базовом и проектируемом варианте будут различны.

Численность вспомогательных рабочих принимаем равной 25% от количества основных рабочих.

а) Базовый вариант

$$Чр.в=7\cdot 0,25=1,75, \text{ принимаем } 2 \text{ чел.}$$

б) Проектируемый вариант

$$Чр.в=2\cdot 0,25=0,50, \text{ принимаем } 1 \text{ чел.}$$

Итого из расчета численности персонала, который участвует в технологическом процессе сборки и сварки фланца кабельных барабанов необходимо:

а) Базовый вариант – всего 9 человек;

б) проектируемый вариант – всего 3 человека.

Для определения фонда оплаты труда и расчета себестоимости единицы продукции необходимо определить часовую тарифную ставку рабочих, которую определяют по формуле:

$$C_{з/п} = K_{по} \cdot K_{пр} \cdot K_{д} \cdot Ч_p \cdot C_{зи} \cdot T_{шт.к}, \text{ руб,} \quad (28)$$

где $C_{зи}$ – часовая тарифная ставка рабочих

$K_{п}$ – районный коэффициент, $K_{п} = 1,15$ руб (коэффициент Свердловской области);

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий выплату премиальных, $K_{пр} = 1,4$ руб (по данным предприятия);

C_r – сдельная тарифная ставка (зависит от разряда рабочего),

$K_{д}$ – расходы на дополнительную заработную плату, $K_{д} = 1,2$ (по данным предприятия).

а) Базовый вариант

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						61
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сг основных рабочих = 140 руб (по данным предприятия);

Сг вспомогательных рабочих = 100 руб (по данным предприятия).

$$C_{з/п \text{ осн.}} = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot 140 \cdot 0,93 = 1760,8 \text{ руб.}$$

$$C_{з/п \text{ всп.}} = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 0,93 = 359,3 \text{ руб.}$$

$$C_{з/п} = 1760,8 + 359,3 = 2120,1 \text{ руб}$$

б) Проектируемый вариант

Сг основных рабочих = 400 руб (по данным предприятия);

Сг вспомогательных рабочих = 150 руб (по данным предприятия).

$$C_{з/п \text{ осн.}} = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 0,2 = 309,12 \text{ руб.}$$

$$C_{з/п \text{ всп.}} = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 0,2 = 57,96 \text{ руб.}$$

$$C_{з/п} = 309,12 + 57,96 = 367,08 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды (социальные взносы - 30 % от фонда оплаты туда)

а) Базовый вариант

$$Сс.с = 2120,1 \times 0,3 = 636,03 \text{ руб.}$$

б) Проектируемый вариант

$$Сс.с = 367,08 \times 0,3 = 110,12 \text{ руб.}$$

Всего на заработную плату в проектируемом варианте с отчислением на социальные нужды:

$$\text{ФОТ} = 367,08 + 110,12 = 477,20 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						62
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.5 Расчет затрат на материалы

Так же для расчета себестоимости необходимо определить расходы по сырью и материалам. В данном технологическом процессе используется:

- основной металл СтЗсп;
- электродная проволока Св-08Г2С;
- защитный газ.

Расходы на основной материал определяются по формуле:

$$C_{\text{осн.ме}} = m_{\text{ме}} \cdot C_{\text{ме}} \cdot (1 + C_{\text{ме}} \cdot P_{\text{тз}}/100), \text{ руб.} \quad (29)$$

где $m_{\text{ме}}$ – масса изделия, кг;

$C_{\text{ме}}$ – цена приобретения материала изделия, руб./ кг;

$P_{\text{тз}}$ – транспортные расходы.

$$C_{\text{осн.ме}} = 105 \cdot 58,24 \cdot (1 + 58,24 \cdot 0,07/100) = 6364,5 \text{ руб.}$$

Данные расходы неизменны как для базового варианта, так и для проектируемого, т.к. в технологическом процессе используется одинаковый объем осинового материала.

Расходы на электродную проволоку Св-08Г2С определяем по формуле:

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{пр}} \cdot N_{\text{эл.изд}} / K_{\text{пер}} (1 + N_{\text{эл.изд}} \cdot P_{\text{тз}}/100), \text{ руб.} \quad (30)$$

где $C_{\text{пр}}$ – цена приобретения проволоки, руб/кг;

$N_{\text{эл.изд}}$ – норма расхода проволоки на изделие, кг;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент перехода.

а) Базовый вариант

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						63
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{эл} = 70 \cdot 0,4 / 0,75 \cdot (1 + 0,4 \cdot 0,07 / 100) = 37,3 \text{ руб.}$$

б) Проектируемый вариант

$$C_{эл} = 70 \cdot 0,4 / 0,97 \cdot (1 + 0,4 \cdot 0,07 / 100) = 28,87 \text{ руб.}$$

Стоимость расходов защитного газа рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{г} = N_{э.изд} \cdot K_{рг} \cdot Ц_{г} / K_{пер} \cdot (1 + Ц_{г} \cdot P_{тз} / 100), \text{ руб.} \quad (31)$$

где $K_{рг}$ – коэффициент, учитывающий расход инертного газа на изделие;

$N_{э.изд}$ – норма расхода газа на изделие, л;

$Ц_{г}$ – цена приобретения газа, руб/литр.

а) Базовый вариант

$$C_{г} = 122 \cdot 1,2 \cdot 10 / 0,75 (1 + 10 \cdot 0,07 / 100) = 1952 \text{ руб}$$

б) Проектируемый вариант

$$C_{г} = 122 \cdot 1,2 \cdot 10 / 0,97 (1 + 10 \cdot 0,07 / 100) = 1509 \text{ руб}$$

4.6 Общепроизводственные (цеховые) расходы (в расчете на одно изделие)

В расчет себестоимости единицы продукции включаются общепроизводственные расходы, к ним относятся:

- амортизационные отчисления;
- затраты на технологическую энергию;
- расходы на ремонт.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						64
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Амортизационные отчисления определяют по следующей формуле:

$$A = Ц \cdot t_{шт.к} \cdot N_a / F_{до} \cdot K_{вн} \cdot K_з, \text{ руб.} \quad (32)$$

где Ц – первоначальная (балансовая) стоимость всего оборудования, руб.;

$t_{шт.к}$ – трудоемкость данной операции технологического процесса (штучно-калькуляционное время), час;

N_a – норма амортизационных отчислений (по данным предприятия);

$K_{вн}$ – коэффициент планового перевыполнения нормы;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования $K_з$, определяют по формуле

$$K_з = \text{пр} / \text{нпр}, \quad (24)$$

где пр – расчетное количество оборудования, ед;

нпр – принятое количество оборудования, ед.

а) Базовый вариант.

$$K_з = 5,6 / 6 = 0,93$$

б) Проектируемый вариант.

$$K_з = 1,2 / 1 = 1,2$$

Расчет амортизационных отчислений:

а) Базовый вариант

$$Ц_б = 4070000 \text{ руб.}$$

$$t_{шт.к} = 0,93 \text{ час}$$

$$K_з = 0,93$$

$$A = 4070000 \cdot 0,93 \cdot 0,05 / 1806 \cdot 1,1 \cdot 0,93 = 102,43 \text{ руб}$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						65
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

б) Проектируемый вариант

$$Ц_{\text{пр}}=11224400 \text{ руб.}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 0,2 \text{ час}$$

$$K_3 = 0,90$$

$$A=11224400 \cdot 0,2 \cdot 0,05 / 1806 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 62,77 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на технологическую энергию определяют по следующей формуле:

$$C_{\text{т.эн}} = Ц_э \cdot K_{\text{п}} [(I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot T_{\text{о}} / \eta_{\text{дв}} \cdot 1000 + W_{\text{х.х}} (T_{\text{шт.к}} - T_{\text{о}})], \text{ руб.} \quad (33)$$

где $Ц_э$ – цена на электрическую энергию, руб;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь электроэнергии в сети завода;

$I_{\text{св}}$ – сварочный ток, А;

$U_{\text{д}}$ – напряжение дуги, В;

$T_{\text{о}}$ – основное время сварки, час;

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя, кВт;

$W_{\text{х.х}}$ – мощность холостого хода источника питания, кВт.

$$W_{\text{х.х}} = 0,1 W_{\text{ном}}, \text{ кВт,}$$

где $W_{\text{ном}}$ – номинальная мощность источника питания, кВт.

а) Базовый вариант

$$C_{\text{т.эн}} = 2,426 \cdot 1,06 [90 \cdot 18,5 \cdot 0,43 / 0,9 \cdot 1000 + 1,2(0,93 - 0,43)] = 2,04 \text{ руб.}$$

б) Проектируемый вариант

$$C_{\text{т.эн}} = 2,426 \cdot 1,06 [140 \cdot 21 \cdot 0,17 / 0,9 \cdot 1000 + 13,9(0,3 - 0,25)] = 1,08 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт оборудования определяют по следующей формуле:

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						66
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_p=0,8xA, \text{ руб.}$$

(34)

где A – амортизационные отчисления, руб.

а) Базовый вариант

$$C_p=0,8 \cdot 109,5=87,6 \text{ руб.}$$

б) Проектируемый вариант

$$C_p=0,8 \cdot 62,77=50,21 \text{ руб.}$$

4.7 Определение себестоимости и экономической выгоды

После произведенных расчетов определяем себестоимость единицы продукции и всей годовой программы выпуска для применения сравнительного анализа и выявления экономической эффективности.

Таблица 4.2 – Технологическая себестоимость

Статья технологической себестоимости	Стоимость, руб			
	Базовый		Проектный	
	На 1 ед.	На годовую программу	На 1 ед.	На годовую программу
Проволока	37,30	447 600	28,87	346440
Газ	1952,0	23 424 000	1509,0	18 108 000
Основной материал	6364,50	76 374 000	6364,50	76 374 000
Электроэнергия	2,04	24 480	1,08	12 960
Зарботная плата основных рабочих	1760,80	21 129 600	309,12	3 709 440
Зарботная плата вспомогательных рабочих с отчислениями на социальные нужды	359,30	4 311 600	57,96	695 520
Отчисления на социальные нужды (социальные взносы-30%)	636,03	7 632 360	110,12	1 321 440
Амортизация оборудования	102,43	1 229 160	62,77	753 240
Ремонт оборудования	87,60	1 051 200	50,21	602 520
Сумма затрат на годовую программу	11 302	135 624 000	8 493,63	101 923 560

Расчет экономии себестоимости продукции рассчитывается по следующей формуле

$$S_3 = (C_6 - C_{пр})N, \text{ руб.} \quad (35)$$

где C_6 – себестоимость изделия по базовому варианту, руб.;

$C_{пр}$ – себестоимость изделия по проектируемому варианту, руб.

$$S_3 = (11302 - 8493,63) \cdot 12000 = 33700440 \text{ руб.}$$

Прибыль:

$$\Pi = S_3 \cdot \mathcal{E}_c, \text{ руб.} \quad (36)$$

где \mathcal{E}_c – коэффициент, скорректированный на налоговые выплаты налог на прибыль 35%, налог на имущество 2%).

$$\Pi = 33700440 \cdot 0,63 = 21231277,20 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости проектируемого варианта:

$$T = I / S_3, \text{ год.} \quad (37)$$

где, I – сумма капитальных вложений, руб.;

S_3 - экономии себестоимости продукции, руб.

$$T = 11224400 / 33700440 = 0,37 = 6 \text{ мес.}$$

Рентабельность:

$$R = \frac{\Pi}{C} \cdot 100, \% \quad (38)$$

$$R = (21231277,20 / 101923560) \cdot 100 = 20,83\%$$

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						68
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Все экономические показатели эффективности роботизированного проектного варианта приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3– Техничко–экономические показатели проекта

Показатели	Единицы измерения	Величина		Абсолютное отклонение
		базовый	проектный	
Годовая программа	шт.	12000	12000	
Капитальные вложения	руб.	4070000	11224400	7154400
Трудоемкость изготовления	н/час	0,93	0,2	-0,73
Себестоимость единицы	руб.	11302	8493,63	-2808,37
Электроэнергия	руб.	24 480	25 920	1440
Численность рабочих, в том числе основных	чел.	9	3	-6
Экономия на себестоимости годовой программы	руб.		33700440	
Прибыль	руб.		21231277,20	
Срок окупаемости, мес	год		6	
Рентабельность,%	%		20,83	

После произведенных расчетов видно, что внедрение технологического процесса сборки и сварки фланца кабельных барабанов с применением роботизированной сварки дает эффект экономии себестоимости как единицы продукции так и соответственного всей годовой программы, при этом трудоемкость данного технологического процесса с применением роботизированного оборудования снижается практически в 3.5 раза. Исходя из этого при существующем штате предприятия (без сокращения рабочих мест) можно увеличить годовую программу выпуска продукции.

									Лист
									69
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.783 ПЗ				

5 Методическая часть

Для успешного освоения новой техники, выпуска новых видов продукции, любых инженерных решений нужен обученный квалифицированный персонал. Для этого необходимо проводить курсы повышения квалификации трудящихся. Цель этих курсов в том, чтобы рабочие и ИТР восстановили в памяти уже имеющийся багаж знаний, а также пополняли его новыми достижениями в области техники и технологий. Особенно это актуально при внедрении в производство нового оборудования и освоения новых видов продукции, а также при переподготовке или обучению вторым профессиям.

Тема дипломного проекта «Разработка технологии сварки щеки кабельных барабанов с использованием роботизированного комплекса». В инженерной части проекта рассмотрены мероприятия и подобрано оборудование по изменению технологии сварки фланца. В методической части проекта представлена методика обучения рабочих на предприятии. Цель методической части проекта разработка учебного плана обучения электросварщиков работе на роботизированном комплексе сварки, в связи с изменением технологии производства по новым ГОСТам. Также будет разработан план – конспект одного урока.

Теоретическое обучение обслуживающего персонала на предприятии проводят инженерно – технические работники компании «АВВ» (Швеция) и ООО «ДельтаСвар». Производственное обучение на автомате осуществляется специалистом по роботизированной технике компании «АВВ» (Швеция) и ООО «ДельтаСвар» проводится непосредственно в цехе на рабочих местах.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						70
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.1 Изучение трудовой функции рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

Настоящая программа профессиональной переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» разработана на основе профессионального стандарта "Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки" (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 1 декабря 2015 г. N 916н). Программа рассчитана на рабочих уже имеющих профессию «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», обученных по программе разработанной в соответствии с характеристикой работ на основе ЕТКС.

Рабочие, имеющие специальность «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 6-го разряда, не имеют навыков работы на роботизированной сварки АВВ. И именно по этому нужно готовить рабочих с более широкой специализацией. Так, что бы сварщик мог выполнять, как работы связанные с механизированной сваркой, так и на роботизированной сварки компании АВВ. За счет профессиональной переподготовки рабочих сварочного производства можно достичь повышения производительности, трудоемкости, энергоемкости и вследствие этого, добиться удешевления продукции, что повысит ее конкурентоспособность, так и облегчит труд самих рабочих.

Характеристика трудовых функций рабочего по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

1. Трудовые действия:

- 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;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						71
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации;
- Выбор программы сварочных операций в соответствии с производственным заданием, конструкторской и производственно-технологической документацией;
- Выполнение роботизированной сварки;
- Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки;
- Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.

2. Необходимые умения:

- Определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку;
- Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку;
- Проверять систему безопасности сварочного оборудования (при ее наличии) перед началом сварки;
- Применять программное обеспечение (выбирать программы сварки) для роботизированного сварочного оборудования под конкретные условия сварки;
- Запускать и проверять траекторию манипулятора (робота) по заданной траектории без выполнения сварки;
- Пользоваться техникой роботизированной сварки по соответствующему процессу сварки;
- Контролировать процесс роботизированной сварки и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения;

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						72
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Выполнять мероприятия, направленные на устранение аварийной ситуации при использовании оборудования для роботизированной сварки;
- Прогнозировать возникновение нештатных ситуаций в зависимости от положения работа;
- Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.

3. Необходимые знания:

- Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах;
- Сварочные материалы для роботизированной сварки;
- Основные группы и марки свариваемых материалов;
- Требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции;
- Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля;
- Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения;
- Назначение и условия применения роботизированной сварки;
- Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях;
- Технология роботизированной сварки;
- Правила технической эксплуатации электроустановок;
- Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ;
- Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						73
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.2 Программа обучения электросварщиков работе на роботизированной сварке

Учебный план программы профессиональной переподготовки рабочих на предприятии по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 5.1 - Учебный план

№ п\п	Наименование темы	Кол-во часов	Период обучения. Кол-во дней
1	Теоретическое обучение роботизированного комплекса (далее РТК): – Безопасность при работе с РТК; – Оборудование РТК; – Программы сварочных операций; – Техническое обслуживание РТК.	20 3 6 6 5	3 (с отрывом от производства, с сохранением средней заработной платы)
2	Практическое обучение: – Работа на РТК	60	15 (без отрыва от производства)
3	Экзамен	2	1 (без отрыва от производства)
Итого		80	19

5.2.1 Тематический план теоретического обучения

На основании предложенного учебного плана разработан тематический план профессиональной переподготовки рабочих по предмету «Оборудование РТК».

В таблице 5.2 представлен план теоретического обучения обслуживающего персонала.

Таблица 5.2 - Тематический план по предмету «Оборудование РТК»

№ темы	Название темы	Кол-во часов
1	Назначение устройств РТК	2
2	Промышленные роботы АВВ	1
3	IRC 5 контроллер	1
4	Пульт управления	1
5	Сварочная техника	1
Итого		6

						ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист 74
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Тема 1. Назначение устройств РТК.

Оборудование входящее в РТК.

Промышленный робот «IRB 1600». Основные сведения и назначение.

Контроллер промышленных роботов «IRC 5». Основные сведения и назначение.

Джойстик с сенсорным экраном, FlexPendant. Основные сведения.

Сварочное оборудование: Сварочный источник «alpha Q 352 RC», подающий механизм «M drive Rob 2 Standart». Основные.

Центр обслуживания горелки, . Основные сведения и принцип работы.

Позиционер «IRBP C». Основные сведения, назначение и принцип работы.

Лазерный датчик слежения за швом «Scansonic TH 6D». Основные сведения и принцип работы.

Описание работы РТК.

Тема 2. Промышленные роботы компании «ABB».

Классификация роботов «ABB». Технические характеристики робота «IRB 1600». Устройство робота. Возможное позиционирование. Движение руки робота. Работа систем безопасности. Центр обслуживания горелки.

Тема 3. «IRC 5» контроллер.

Контроллер роботов пятого поколения. Безопасность оператора. Контроль перемещений. Модульность контроллера. Обмен информации. Опция «RobotStudi». Тактильный сенсор «Smartac».

Тема 4. Пульт управления.

Основные особенности пульта управления. Технические характеристики.

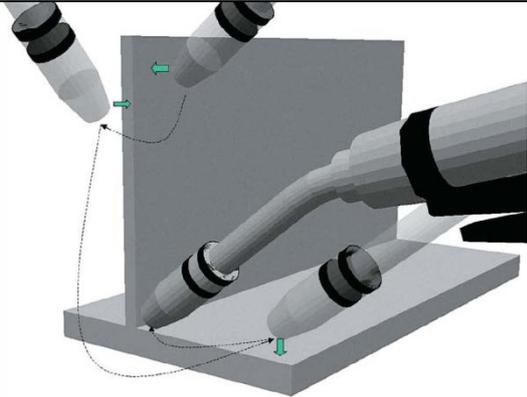
Тема 5. Сварочная техника.

Сварочный источник «alpha Q 352 RC», технические характеристики, устройство. Функция «EWM-coldArc» ее преимущества. Подающий механизм «M drive Rob 2 Standart». Сварочная горелка.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Этапы урока, затраты време- ни	Содержание учебного материала	Методика учебных действий									
1	2	3									
<p>Сообщение нового материала (60 мин)</p>	<p>Рассмотрим роботизированный комплекс для сварки щеки.</p> <p>Описание работы РТК</p> <p>РТК оснащен поворотным столом с позиционерами на каждой стороне, предназначенным для автоматической смены сварочных позиций. После установки изделия в оснастке первой позиции, поворотный стол разворачивается, изделие с помощью позиционера поворачивается в исходное положение, и робот начинает цикл в соответствии с вызванной программой. При этом изделие, установленное в позиционере поворачивается в удобное (правильное) для сварки положение. Во время выполнения программы, робот прерывает процесс сварки для автоматической очистки горелки в соответствии с заданным циклом.</p> <p>После окончания цикла сварки поворотный стол разворачивается, и оператор приступает к выгрузке готового изделия и установке нового, а в это время робот приступают к сварке на другой позиции поворотного стола. Таким образом, обеспечивается непрерывный цикл работы. Далее цикл повторяется.</p> <p>Основное оборудование роботизированной сварки.</p> <p>Робот-IRB 1600.</p>  <p>Рисунок 5.1 - Робот-IRB 1600.</p> <p>IRB 1600-это современный сварочный робот обеспе-</p>	<p>Применяется репродуктивный метод (объяснительно иллюстративный).</p> <p>По источнику знаний: словесный рассказ, объяснение, беседа.</p> <p>Наглядные: демонстрация плаката.</p> <p>Устное изложение материала чередуется с показом и записью, что позволяет поддерживать рабочий настрой аудитории. Материал излагается постепенно, логически связанными между собой предложениями.</p> <p>Демонстрация видеоматериала.</p> <p>Диктую под запись основные технические характеристики.</p>									
<table border="1"> <tr><td>Изм</td><td>Лист</td></tr> </table>	Изм	Лист	<table border="1"> <tr><td>№ докум.</td></tr> </table>	№ докум.	<table border="1"> <tr><td>Подпись</td></tr> <tr><td>Дата</td></tr> </table>	Подпись	Дата	<p>ДП 44.03.04.783 ПЗ</p>	<table border="1"> <tr><td>Лист</td></tr> <tr><td>77</td></tr> </table>	Лист	77
Изм	Лист										
№ докум.											
Подпись											
Дата											
Лист											
77											

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методика учебных действий
1	2	3
	<p>чивающий высокую скорость для минимизации время цикла и размах руки 1,45 м подходящий для большинства технологических задач.</p> <p>Грузоподъемность 6 кг делает IRB 1600 сильнейшим роботом в своём классе, позволяя максимально использовать его ресурсы.</p> <p>С классом защиты IP 67, возможностью мытья паром , IRB 1600 является роботом, способным работать в тяжелейших условиях рабочей среды.</p> <p>Контроллер промышленных роботов IRC 5.</p>  <p>Рисунок 5.2 - Контроллер промышленных роботов IRC 5.</p> <p>IRC 5-это модульная система управления, которая обеспечивает точность позиционирования, гибкость и простоты использования всего комплекса.</p> <p>Контроллер данного типа имеет множество преимуществ, например Smartac® (Тактильный сенсор). Принцип работы системы тактильного зондирования является мини КЗ (Короткое замыкание), которое происходит в момент контакта компонента через провод горелки. Мини КЗ определяется контроллером робота или сварочным источником. На основе чего программа осуществляет решение о расположении изделия в пространстве. Для иллюстрации примера в конкретном случае служит пластина, к которой приваривается опорная балка.</p>	<p>Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p>Диктую под запись принцип работы системы тактильного зондирования.</p> <p>Привожу примеры, которые помогают обучающимся лучше усвоить учебный материал.</p> <p>Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p>

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методика учебных действий
1	2	3
	 <p data-bbox="400 689 1166 757">Рисунок 5.3 – Принцип работы системы тактильного зондирования.</p> <p data-bbox="400 797 1166 1122">Балка имеет погрешности в размерах. Опорная балка находится в пределах своих производственных допусках по высоте, но для параметров сварки это слишком высокие колебания. Простым касанием пластины по оси Z устанавливается высота, два дополнительных касания по оси X и Y позволяет контроллеру робота определить положение шва. Тактильные поиски подобные этому занимают от 2 до 4 секунд, в зависимости от размера зоны поиска.</p> <p data-bbox="400 1162 948 1196">Сварочный источник alpha Q 352 RC</p>  <p data-bbox="400 1570 1098 1603">Рисунок 5.4 - Сварочный источник alpha Q 352 RC</p> <p data-bbox="400 1644 1166 1711">Мультипроцессный аппарат для импульсной сварки MIG/MAG.</p> <p data-bbox="400 1718 1166 1897">Параметры, управляемые через интерфейсы: 256 сварочных заданий (JOBS) с 16 программами в программном режиме, а также скорость подачи проволоки, корректировка длины сварочной дуги и динамики сварочной дуги при помощи управляющего напряжения.</p> <p data-bbox="400 1904 1166 1937">Максимальный ток при 100% ПВ равен 350 А.</p> <p data-bbox="400 1944 1166 2011">Автоматизированное и механизированное применение в машиностроении, автомобилестроении, производ-</p>	<p data-bbox="1190 367 1525 472">Диктую под запись основные характеристики источника питания.</p> <p data-bbox="1190 584 1525 689">Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p data-bbox="1190 1099 1525 1240">Диктую под запись технические преимущества подающего механизма.</p> <p data-bbox="1190 1464 1525 1570">Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p data-bbox="1190 1615 1525 1677">Диктую под запись назначение джостика.</p>

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методика учебных действий
1	2	3
	<p>стве транспортных средств, емкостей, аппаратов и в кораблестроении.</p> <p>Подающий механизм M drive Rob 2 Standart .</p>  <p>Рисунок 5.5 - Подающий механизм M drive Rob 2 Standart .</p> <p>Механизмы подачи монтируется на роботе, и обеспечивают подачу проволоки диаметром от 0,8 до до 1,6 мм с постоянной скоростью подачи проволоки в диапазоне 0,5 – 24,0 м/сек. Корпус изготовлен из алюминия для обеспечения максимальной легкости конструкции.</p> <p>Вспомогательное оборудование РТК Джойстик с сенсорным экраном, FlexPendant.</p>  <p>Рисунок 5.6 - Джойстик с сенсорным экраном, FlexPendant.</p> <p>Легкий пульт управления - для программирования как робота, так и источника питания, позволяет управлять несколькими (до 4-х) роботами. Интуитивно-понятное управление благодаря сенсорному экрану и джойстику. Платформа Windows CE позволяет легко оптимизировать экран работы сенсора. Всего программируемых кнопок - простота управления.</p>	<p>Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p>Диктую под запись назначение центра обслуживания горелки.</p> <p>Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p>Диктую под запись основные технические характеристики позиционера.</p>

Этапы урока, затраты време- ни	Содержание учебного материала	Методика учебных действий
1	2	3
	<p>Центр обслуживания горелки.</p>  <p>Рисунок 5.7 - Центр обслуживания горелки.</p> <p>Устройство, служит для механической (контактной) очистки сварочной горелки от налипающих брызг металла в полностью автоматическом режиме. Дополнительно в автоматическом режиме производится распыление антипригарной эмульсии на очищенную поверхность горелки и обрезка сварочной проволоки на установленную длину. Устройство крепится на специальном кронштейне вне зоны сварки. Привод фрезы и обрезки проволоки – пневматический.</p> <p>Позиционер IRBP С</p>  <p>Рисунок 5.8 - Позиционер IRBP С</p> <p>Позиционер IRBP 500С держит заготовку во время сварки и имеет грузоподъемность 500кг. Позиционер вращает заготовку вокруг оси, чтобы робот имел к ней полный доступ. В дополнении позиционер вращается сам, что позволяет производить загрузку и выгрузку без остановки производства</p>	<p>Наглядный метод, демонстрация видеоматериала.</p> <p>Диктую под запись принцип работы датчика слежения</p>

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методика учебных действий				
1	2	3				
	<p>Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D</p>  <p>Рисунок 5.9 - Лазерный датчик слежения за швом Scansonic TH 6D</p> <p>Система оптического слежения за швом TH6D предназначена для использования в автоматизированных производственных процессах лазерной и дуговой сварки, клейки или в других технологических операциях, где требуется четкое и безошибочное позиционирование рабочего инструмента.</p> <p>Триангуляционный датчик, не касаясь поверхности, определяет шов между деталями и передает информацию роботу о положении шва, размере зазоров, смещениях, а также ориентирует сварочную технику к обрабатываемой поверхности.</p> <p>Датчик очень надежен в эксплуатации. Особенно, благодаря встроенному фильтру, который отсекает посторонний свет, помехи, и обеспечивает бесперебойную работу даже вблизи обрабатываемой поверхности. Качественная обработка сигналов позволяет надежно отслеживать швы на деталях со сложной геометрией и на поверхностях, обладающих высоким коэффициентом отражения</p>					
Первичное закрепление нового материала (15 мин.)	<p>Ответьте на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расскажите принцип работы РТК? 2. Какое оборудование относится к основному? 3. Какое оборудование входит в состав вспомогательного? 4. Основные преимущества РТК? 	Задаем вопросы всей аудитории				
Домашнее задание	Изучить возможные неисправности и сбои в работе роботизированного комплекса. Причины и их устране-	Проверка знаний методом тестирования.				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						82

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Методика учебных действий
1	2	3
	ние.	

В методической части дипломного проекта были разработаны тематический план и программа теоретического обучения для профессиональной переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением». Также был разработан план конспект урока одной из тем программы.

Считаю, что данная методическая разработка может применяться для подготовки рабочих на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте предложено усовершенствовать технологию сварки щеки кабельных барабанов путём перехода от механизированной сварки к роботизированной, проведена оценка планируемых результатов и сравнительный анализ с существующей на предприятии технологией.

Технические показатели, полученные в результате исследования, подтверждают актуальность проектной разработки, экономическую значимость для предприятия. Произведённые в работе экономические расчёты показали, что внедрение в сварочное производство роботизированной является одним из перспективных направлений к повышению конкурентоспособности продукции за счёт снижения её себестоимости с одновременным повышением качества изготовления.

В методической части дипломного проекта была разработана программа профессиональной переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», для работы на сварочном роботизированном комплексе, тематический план теоретического обучения и разработан план конспект урока по теме «Назначение и устройство РТК».

Таким образом, можно считать, что задачи дипломного проекта выполнены и цели достигнуты.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						83
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с
- 2 Сварочные материалы для дуговой сварки : справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
- 3 Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.] ; под общ.ред. В.Г.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 4 Сварочные материалы для дуговой сварки : справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.] ; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
- 5 Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли». Екатеринбург. ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2008. 38с.
- 6 Федулова, М.А. Дипломное проектирование. Методическое пособие для студентов специальности 030507/ М.А. Федулова, Д.Х. Билалов - Екатеринбург, 2015. - 69 с
- 7 ГОСТ 14771-76*. Сварка, пайка и термическая резка металлов. – Введ. 1991-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 24с.
- 8 Этингоф, Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства Л.А. Этингоф - М.: Машиностроение, 1979. -280с.
- 9 ГОСТ 1050 – 88*. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. - Введ. 1991-01-01. – М.: Стандартинформ: Изд-во стандартов, 2010. – 24с.
- 10 ГОСТ 19521 – 74. Сварка металлов. Классификация. - Введ. 1975-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1978. – 14с
- 11 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35с.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						84
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 12 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. [Текст]. Введ. 1973.01.01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. – 19 с.
- 13 ГОСТ 3242-79. Соединения сварные. Методы контроля качества. [Текст]. Введ. 1981.01.01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2007. – 11 с.
- 14 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. [Текст] Введ. 1981.07.01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 35 с
- 15 ГОСТ 19281-89. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.:Госстандарт СССР: Изд-во стандартов,1971. 35 с.
- 16 Беляева, А. П. Профессионально – педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях/ А.П. Беляева. – СПб.: Высш. шк., 1995. – 294 с.
- 17 Балябин, Р.В. Справочник сварщика: / Р.В. Балябин [и др.]. Под ред. В.В. Степанова. – Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. – 520 с.
- 18 Марочник сталей и сплавов / под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 489 с.
- 19 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1987. - 347 с
- 20 Скакун, В.А. Преподавание курса «Организация и методика производственного обучения» /В.А.Скакун. М.:Высш.шк., 1990. – 253 с.
- 21 Скакун, В.А. Преподавание общетехнических и специальных предметов в средних ПТУ /В.А.Скакун. - М.: Высш. шк, 1987. - 271 с.
- 22 Шебеко, Л.П. Преподавание специальной технологии электрогазосварщикам: метод. пособие /Л.П.Шебеко. – М.: Высш.шк., 1974. -168 с.
- 23 Шебеко, Л.П. Производственное обучение электрогазосварщиков: метод. пособие / Л.П.Шебеко. – М.: Высш.шк., 1972. -184 с.
- 24 Эрганова, Н.Е. Методика профессионального обучения: Учеб. пособие /Н.Е. Эрганова. – 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2003. -150 с.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

25 ГОСТ 19281-89. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.:Госстандарт СССР: Изд-во стандтов, 1971. – 35 с.

26 ГОСТ 2.104-68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. – Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с.

27 Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы. / М.А Федулова, Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. – 49 с.

28 Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

29 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного, производства / А.Д. Гитлевич, Л.А. Этингф. – М: Машиностроение, 1979. – 280

30 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций: атлас / С.А. Куркин. – М.: Машиностроение, 1986. – 327с.

31 Волченко, В.К. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.

32 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.А Троицкий, В.П. Радько, В.Г. Демидко. – Киев: Вища школа, 2003. – 1144 с.

33 Куркин, С.А., Сварные конструкции / С.А. Куркин, Г.А. Николаев. – М.: Высш. шк. 1991. – 397 с.

34 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства / Т.В. Карпей. – Мн.: Дизайн ПРО, 2004. – 328 с.

35 Беляева, А.П. Профессионально - педагогическая технология в профессиональных учебных заведениях / А.П. Беляевой. – СПб.: Высш. шк., 1995. – 294 с.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						86
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

36 Беспалько, В. П. Теоретические основы стандартизации образования: Педагогическое обеспечение Государственного стандарта образования: методическое пособие / В. П. Беспалько. – М.: Высш. шк. 1994. – 240 с.

37 Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие : в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ.ред. Н. Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.

38 Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информационных технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. – Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 2007. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус, англ.

39 Каталог государственных стандартов [Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. – Электрон. дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим досупа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog>. – Загл. с экрана

40 Алексеенко, Н.А. Экономика промышленного предприятия: учеб. пособие / Н.А.Алексеенко, И.Н.Гуров. 2-е изд., доп. и перераб. – Минск.: Изд-во Гревцова, 2011. 264 с.

41 Прикладная экономика: учебник /Г.И.Журухин [и др.]; Под ред. Г.И.Журухина, Т.К.Руткаускас. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2015. 364 с.

					ДП 44.03.04.783 ПЗ	Лист
						87
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		