

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НИЖНЕЙ КАМЕРЫ
КОРПУСА ТЕПЛООБМЕННИКА**

Выпускная квалификационная работа
Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)
Профиль Машиностроение и материалобработка
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном про-
изводстве
Идентификационный код ВКР: 614

Екатеринбург 2018

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.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НИЖНЕЙ КАМЕРЫ КОРПУСА ТЕПЛООБМЕННИКА

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-503 _____ К.В.Теткин

Руководитель:
к.т.н., доцент _____ Л.Т.Плаксина

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

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 97 листов машинописного текста, 19 рисунков, 15 таблиц, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 6 листах формата А1.

Ключевые слова: ТЕПЛООБМЕННИК, КАМЕРА НИЖНЯЯ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

В дипломном проекте разработан технологический процесс сборки и автоматической сварки в среде защитных газов камеры нижней теплообменника, подобрано оборудование.

В методической части разработана программа переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

В экономической части дипломного проекта представлено технико-экономическое обоснование изготовления камеры нижней теплообменника.

					<i>ДП 44.03.04. 614 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Теткин К.В.</i>			Разработка технологии изготовления нижней камеры теплообменника <i>Пояснительная записка</i>		2	
<i>Руковод.</i>		<i>Плаксина Л.Т.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Билалов Д.Х.</i>						
<i>Утверд</i>		<i>Гузанов Б.Н.</i>						
					<i>ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. ЗСМ-503</i>			

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Технологический раздел	6
1.1 Назначение изделия	6
1.2 Характеристика материала изделия	7
1.3 Выбор способа сварки	11
1.4 Выбор и описание сварочных материалов	17
1.5 Расчет параметров режимов сварки	19
1.6 Оборудование для изготовления камеры нижней теплообменника.....	32
2 Экономическая часть.....	46
2.1 Определение технологических норм времени на сварку продольных	47
2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки.....	50
2.3 Расчет численности производственных рабочих	52
2.4 Расчет капитальных вложений в приобретение оборудования и про	53
2.5 Расчет материальных затрат	55
2.5.1 Стоимость конструкционного материала ($C_{к.м}$)	56
2.5.2 Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Г2С	56
2.5.3 Расчет затрат на газ.....	57
2.6 Расчет полной себестоимости	65
2.7 Расчет основных показателей сравнительной эффективности.....	67
3 Методический раздел	72
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов	73
3.2 Разработка учебного плана переподготовки.....	77
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	78
3.4 Разработка плана - конспекта урока	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
Приложение А.....	90

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		3

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того насколько рационально и грамотно используются ресурсы, зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших.

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки камеры нижней теплообменника.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию сборки и сварки камеры нижней и выбор оборудования для реализаций предлагаемой технологий с последующим применением на предприятии.

Объектом разработки является технология изготовления камеры нижней теплообменника.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки камеры нижней теплообменника.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки камеры нижней теплообменника с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- проработать и обосновать проектируемый способ сварки камеры нижней теплообменника;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		4

- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;
- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки камеры нижней;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу переподготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки камеры нижней теплообменника, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы переподготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки камеры нижней теплообменника.

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 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		5

1 Технологический раздел

1.1 Назначение изделия

УСК «НЕКСАН» разрабатывает и осуществляет поставку широкой номенклатуры кожухотрубных теплообменников для применения в различных технологических процессах.

Кожухотрубный теплообменник **GreenTube®** - с гладкими, оребренными и рифлеными поверхностями теплопередачи. Такие аппараты позволяют достичь максимальной эффективности теплообмена, возможной при использовании кожухотрубных теплообменников. Теплообменники эксплуатируют при $t^{\circ}\text{C} = -60^{\circ}\text{C}$ до $+600^{\circ}\text{C}$. В зависимости от назначения он может служить теплообменником, холодильником, конденсатором или испарителем. Кожух теплообменника состоит из камеры верхней, камеры средней и камеры нижней.

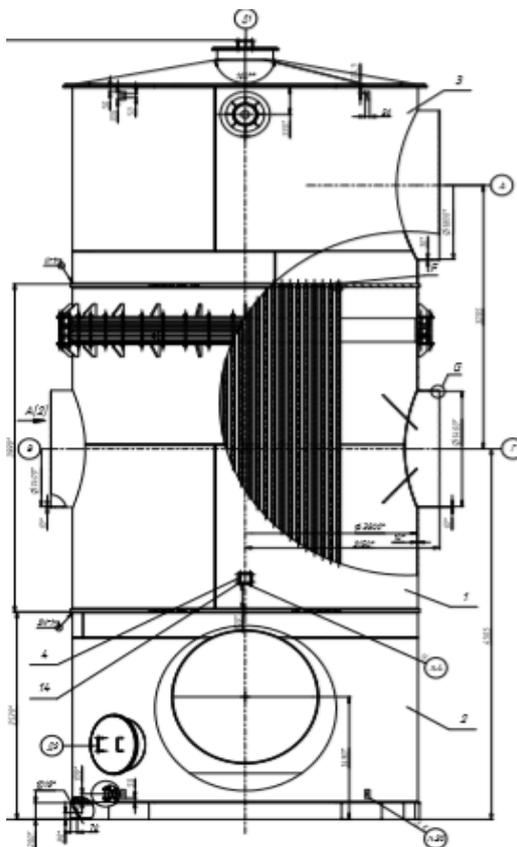
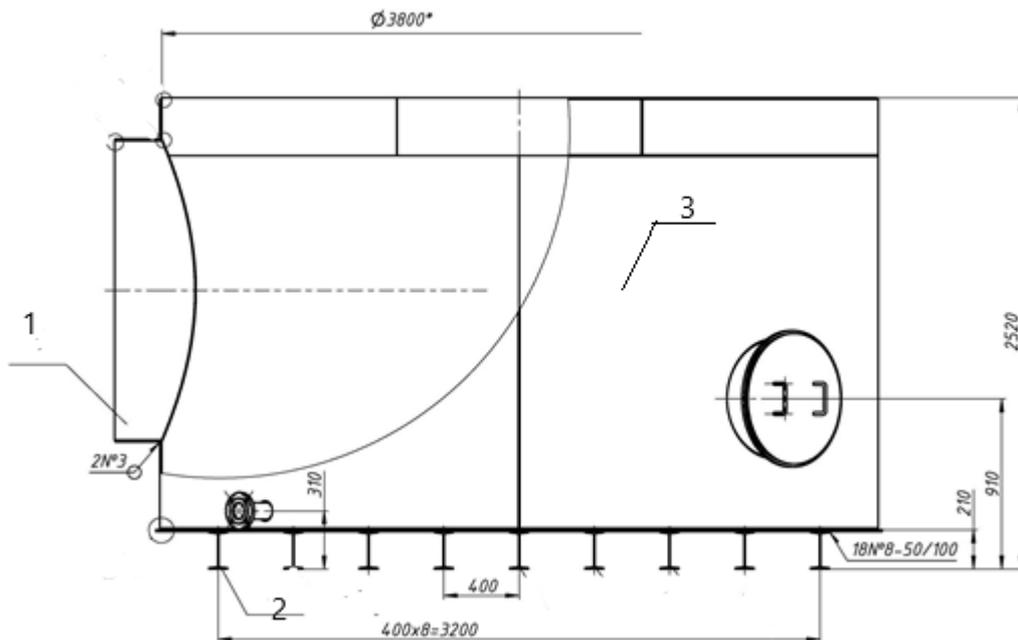


Рисунок 1.1 - Теплообменник внешний

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.614 ПЗ



1- Патрубок, 2 – Опора, 3 - Обечайка
 Рисунок 1.2 – Камера нижняя теплообменника

1.2 Характеристика материала изделия

Сталь 09Г2С - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до +425°С под давлением. Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [3] приведен в таблице 1.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73, %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0,12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.035	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Сортамент	Размер	Напр.	σ_B	σ_T	δ_5	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	кДж/м ²	-
Лист, ГОСТ 5520-79			430- 490	265- 345	21	590-640	Закалка и от- пуск
Сталь	От 10 до 20		1520	1320	21	590	

Таблица 1.3 - Ударная вязкость, Дж/см²

Сортамент	Размер, мм	KCU при температурах		
		-70 ⁰ С	-40 ⁰ С	+20 ⁰ С
Прокат	5-10	34	39	64
	10-20	29	34	59
	20-32		34	59
Листы и полосы	5-10	34	39	64
	10-160	29	34	59
после закалки и от- пуска	10-60	29	49	

Обозначения: σ_B - предел прочности при растяжении, $\sigma_{пц}$ - предел пропорциональности, σ_T - предел текучести, δ - относительное удлинение, ψ - относительное сужение, НВ - твердость по Бриннелю, KCU - ударная вязкость, Дж/см²

Описание стали 09Г2С: Чаще всего прокат из данной марки стали используется для разнообразных строительных конструкций благодаря высокой механической прочности, что позволяет использовать более тонкие элементы по сравнению с использованием других сталей. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до +450⁰С. Также легкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей. Применяя закалку и отпуск, изготавливают качественную трубопроводную арматуру. Высокая механическая устойчивость к низким температурам также позволяет с успехом применять трубы из 09Г2С на севере страны.

Также марка широко используется для сварных конструкций. Сварка может производиться как без подогрева, так и с предварительным подогревом до 100-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

120⁰С. Так как углерода встали мало, то сварка ее довольно проста, причем сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, благодаря чему не происходит снижение пластических свойств или увеличение ее зернистости. К плюсам применения этой стали можно отнести также, что она не склонна к отпускной хрупкости и ее вязкость не снижается после отпуска. Вышеприведенными свойствами объясняется удобство использования 09Г2С в отличии от других сталей с большим содержанием углерода или присадок, которые хуже варятся и меняют свойства после термообработки. Для сварки 09Г2С можно применять любые электроды, предназначенные для низколегированных и малоуглеродистых сталей, например, Э42А и Э50А. Если свариваются листы толщиной до 40 мм, то сварка производится без разделки кромок. При использовании многослойной сварки применяют каскадную сварку с током силой 40-50 А/мм²электрода, чтобы предотвратить перегрев места сварки. После сварки рекомендуется прогреть изделие до 650⁰ С, далее продержать при этой же температуре 1 час на каждые 25 мм толщины проката, после чего изделие охлаждают на воздухе или в горячей воде – благодаря этому в сваренном изделии повышается твердость шва и устраняются зоны напряженности.

Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Свариваемость:	без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

Свариваемость стали

Свариваемость — свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		9

практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость [4].

Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения тем же свойствам основного материала и его склонностью к образованию дефектов. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, плохо и ограниченно свариваемые.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям [5].

Эквивалент углерода $C_{\text{ЭКВ}}$, %, определяют по эмпирическим формулам, одна из которых имеет следующий вид:

$$C_s = C + Mn/6 + Cr/5 + Ni/15 + Mo/4 + V/5 + Cu/13 + P/2, \quad (1.1)$$

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + 1,3/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,43\%$$

Таким образом, основной металл не склонен к образованию холодных трещин.

Так как значение $C_s = 0,43$, которое входит в промежуток $C_s \geq 0,45\%$ сварку производить с высоким подогревом, либо в некоторых случаях с сопутствующим подогревом и последующей термообработкой (нормализация или отпуск).

Определим склонность к образованию горячих трещин по формуле:

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

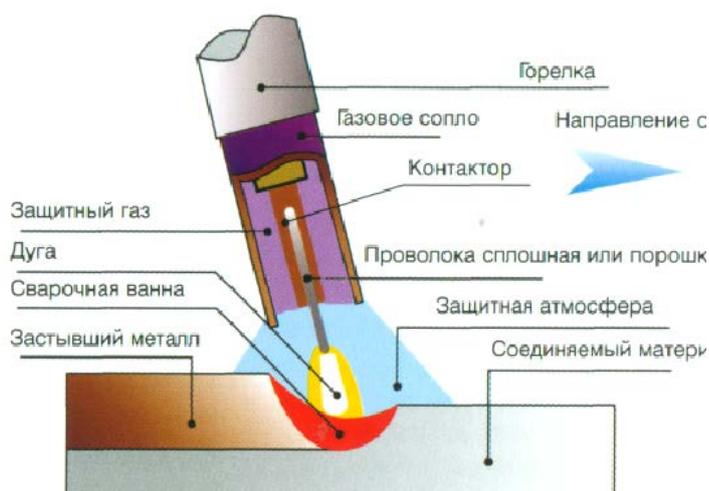


Рисунок 3 - Полуавтоматическая сварка в среде защитных газов

При сварке плавящимся электродом открытой дугой перенос электродного металла представляет сложный процесс. Много факторов оказывает влияние на перенос: состав и свойства защитного газа, состав и свойства электродного металла, род тока и полярность, параметры режима сварки, вольт-амперная характеристика источника тока и его динамические свойства и др.

Можно выделить следующие виды переноса электродного металла:

1. без коротких замыканий дуги и с короткими замыканиями;
2. крупно-, средне-, мелкокапельный и струйный;
3. без разбрызгивания и с разбрызгиванием.

Наиболее благоприятные условия для переноса электродного металла наблюдаются при сварке в инертных одноатомных газах аргоне и гелии. В аргоне имеет место два вида переноса: крупнокапельный без коротких замыканий с небольшим разбрызгиванием на докритическом токе и струйный на токе больше критического. Вид переноса влияет на форму проплавления.

В гелии наблюдается капельный перенос с короткими замыканиями (к.з.) дуги (малые ток и напряжение) и без к.з. на повышенном токе и напряжении при незначительном мелкокапельном разбрызгивании. Применение смеси Ar+He позволяет использовать преимущества обоих газов.

При сварке в CO₂ имеют место перенос мелкокапельный с к.з. и небольшим разбрызгиванием, крупнокапельный с к.з. и без к.з. с большим разбрызгиванием. На больших токах, когда дуга погружается в основной металл, перенос становится мелкокапельным, разбрызгивание уменьшается, однако валик имеет чрезмерную выпуклость.

Преимущества полуавтоматической сварки:

1. Высокое качество соединительного шва.
2. Низкая себестоимость проведения работ из-за невысокой стоимости газа.
3. Незначительная тепловая нагрузка на соседние поверхности.
4. Быстрое завершение работ и возможность скорой эксплуатации сваренных изделий.
5. Минимальные вредные испарения для человеческого организма.
6. Равные эксплуатационные характеристики прочности соединительного шва и прочей стальной конструкции.

Недостатки полуавтоматической сварки:

1. Низкую прочность присадочной проволоки, что затрудняет процесс сварки (возникает необходимость осторожничать с электрододержателем)
2. Ограничения по параметрам шва – глубине и ширине. Присадочная проволока диаметром от 0,5 до 2 миллиметров просто не сможет сгенерировать глубокий и широкий шов.

Проектируемый вариант «Автоматическая сварка в среде защитных газов»

Сварка в защитных газах — один из распространенных способов сварки плавлением. По сравнению с другими способами он имеет ряд преимуществ, из которых главные: возможность визуального, в том числе и дистанционного, наблюдения за процессом сварки; широкий диапазон рабочих параметров режима сварки в любых пространственных положениях; возможность механизации и ав-

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

томатизации процесса, в том числе с применением робототехники; высокоэффективная защита расплавленного металла; возможность сварки металлов разной толщины в пределах от десятых долей до десятков миллиметров.

Сварка в защитных газах (СЗГ) — общее название разновидностей дуговой сварки, осуществляемой с вдуванием через сопло горелки в зону дуги струи защитного газа. В качестве защитных применяют: инертные (Ar, He), активные (CO₂, O₂, N₂, H₂).

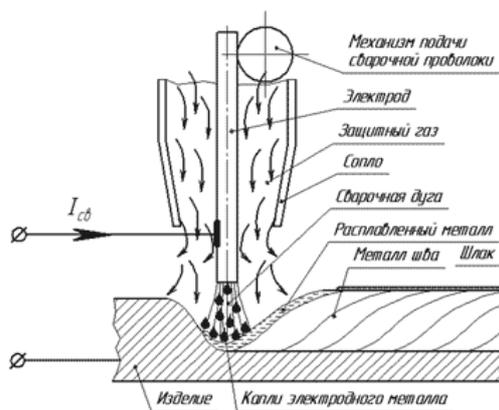


Рисунок 1.4 - Схема сварки в защитных газах

При сварке плавящимся электродом в защитном газе (рисунок 3) в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подаётся защитный газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

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

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

В некоторых случаях для сварки используют неплавящийся угольный или графитовый электрод. Этот способ применяют при сварке бортовых соединений из низкоуглеродистых сталей толщиной 0,3 - 2,0 мм (например, канистр, корпусов конденсаторов и т. д.). Так как сварку выполняют без присадки, содержание кремния и марганца в металле шва невелико. В результате прочность соединения составляет 50 - 70% прочности основного металла.

При автоматической и полуавтоматической сварке плавящимся электродом швов, расположенных в различных пространственных положениях, используют электродную проволоку диаметром до 1,2 мм, а при сварке швов, расположенных в нижнем положении - проволоку диаметром 0,8 - 1,6 мм.

Структура и свойства металла швов и околошовной зоны на низкоуглеродистых и низколегированных сталях зависят от использованной электродной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки (термического цикла сварки, доли участия основного металла в формировании шва и формы шва). Влияние этих условий и технологические рекомендации примерно такие же, как и при ручной дуговой сварке и сварке под флюсом.

Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в аргоне применяется редко, так как эти стали хорошо свариваются под флюсом и в углекислом газе, и лишь в исключительных случаях, когда требуется получение швов высокого качества, используется инертный газ.

При применении чистого аргона для сварки конструкционных сталей соединения характеризуются недостаточной стабильностью и неудовлетворительным формированием шва. Добавка к аргону небольшого количества кислорода или углекислого газа существенно повышает устойчивость горения дуги и улучшает формирование шва. Растворяясь в жидком металле и скапливаясь преимущественно на поверхности, кислород значительно снижает его поверхностное натяжение. Поэтому для сварки сталей применяют не чистый аргон, а смеси с кислородом или углекислым газом.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

Высокие технологические свойства при сварке сталей обеспечиваются при добавке к аргону до 1 - 5 % кислорода. При применении кислорода понижается критический ток, при котором капельный перенос переходит в струйный; дуга горит стабильно, обеспечивая сварку небольших толщин. Кислород способствует увеличению плотности металла шва, улучшению сплавления, уменьшению подрезов и увеличению производительности процесса сварки. Кислород снижает содержание углерода в металле шва до более низкого уровня. Избыток кислорода в защитном газе приводит к образованию пор в металле шва.

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей может также применяться аргон с добавкой 10 - 20 % углекислого газа. Углекислый газ способствует устранению пористости в швах и улучшению формирования шва.

Широкий диапазон применяемых защитных газов обуславливает большое распространение этого способа, как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров).

Основными преимуществами рассматриваемого способа сварки являются следующие:

- высокое качество сварных соединений для разнообразных металлов и их сплавов разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа относятся: необходимость применения защитных мер против светового и теплового излучения дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

сопла; потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия; наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок.

Учитывая особенность марки стали и ее свариваемость, конструкцию изделия, особенности сварных швов, для сварки камеры нижней теплообменника целесообразно использовать автоматическую дуговую сварку в среде защитного газа плавящимся электродом.

Достоинства сварки в углекислом газе: высокая производительность, большой диапазон свариваемых толщин, низкая стоимость сварки, маневренность, отсутствие необходимости применения флюсов или покрытий, а, следовательно, и очистки швов от шлака и неиспользованных остатков флюса после сварки. Также следует помнить, что полумеханизированный способ сварки в CO_2 применяется для сварки коротких швов недоступных для сварки автоматом. Сварка в среде углекислого газа обеспечивает глубокий провар. Качество сварного шва выше ручной сварки в 1,5 раза и на 15-20% выше полумеханизированной под слоем флюса. Качество сварного шва обеспечивается из-за малого угара легирующих элементов, возможности наблюдать за образованием шва.

1.4 Выбор и описание сварочных материалов

Сварочные материалы, используемые в проектируемом варианте

Сварочная проволока Св-08Г2С

Св-08Г2С применяют при работе со сварочными автоматами и полуавтоматами в промышленности. Она гарантирует прочное высококачественное соединение, характеризующееся чистым и очень ровным сварным швом. Св-08Г2С незаменима для выполнения двух важных операций:

- образования на соединительном шве валика;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

- заполнения пространства между краями свариваемого изделия.

Сварочная проволока обеспечивает надежное сваривание с ровным и чистым швом, а также заполняет зазор между краями металла. У этой марки небольшое содержание примесей: фосфора и серы. Это вредные вещества, которых в совокупности менее 0,03%. Также в ее составе незначительное количество хрома – 0,2% и никеля – до 0,25%. Практически нет титана и молибдена.

Химический состав наплавленного данной проволокой металла по ГОСТ 2246-70 представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Химический состав наплавленного металла по ГОСТ 2246-70, %

C	Si	Mn	S	P
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	≤0,025	≤0,03

Таблица 1.5 – Механические свойства металла шва и наплавленного металла по ГОСТ 2246-70

Механические свойства наплавленного металла	Нормативные	Типичные
Предел текучести, МПа	490-660	580
Временное сопротивление разрыву, МПа	≤375	475
Относительное удлинение, %	≤22	25
Работа удара, Дж	≤47(-20°C)	50

В качестве защитных газов для сварки сталей в промышленности нашли широкое применение активные (CO₂, O₂) и инертные (Ar, He) защитные газы.

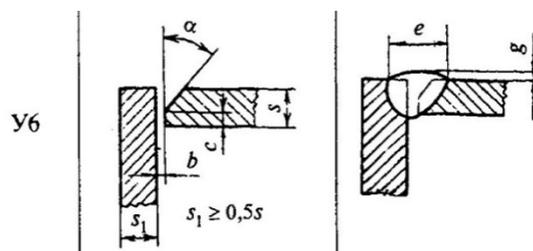
Диоксид углерода (углекислота) отличается дешевизной и широкой распространенностью. Инертные газы более дорогие и требуют наличия специализированных заводов по производству газов. Смеси инертных газов с активными газами позволяет повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления, улучшить внешний вид сварного шва, уменьшить разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом, повысить плотность металла шва, увеличить производительность процесса сварки.

Для сварки низколегированных сталей марки 09Г2С наиболее выгодным и экономичным будет смесь газов – 80% Ar + 20% CO₂. (Corgon 20)

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

1.5 Расчет параметров режимов сварки

Камера нижняя, как сварная конструкция собрана и сварена соединениями У6, С21 по ГОСТ 14771 – 76 и Т3 по ГОСТ 23518-79.



$$S=10, e=20, g=1, \alpha=50^{\circ}, b=1, c=0$$

Рисунок 1.5 – Соединение У6 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №1

1. Расчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №1

$$F_H = \frac{1}{2} S^2 \operatorname{tg} \alpha + s + 0.75eg \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} F_H &= \frac{1}{2} 10^2 \operatorname{tg} 50 + 1 \cdot 10 + 0.75 \cdot 20 \cdot 1 = \\ &= \frac{1}{2} 100(-1.19) + 10 + 15 = 84 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

где g – выпуклость сварного шва, мм, $g = 1$ мм

e – ширина сварного шва, $e = 20$ мм

Сварка в защитном газе допускается получение сечений наплавленного металла сварного шва до 65 мм^2 [1]. Выполним сварку в 2 прохода. Примем для расчетов площадь наплавленного металла равной $F_{H1} = F_{H2} = 42 \text{ мм}^2$. Глубину проплавления сварного шва определим по формуле [1]:

$$h_{K1} = (0.7S - 0.5b) \quad (1.7)$$

$$h_{K1} = 0.7 \cdot 7 - 0.5 \cdot 1 = 4.4 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		19

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [1]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.8)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 42^{0.625} = 1,24 \approx 1.2 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.9)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{4.4}{2.1} 100 = 209 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 210 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \quad (1.10)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 = 12 \text{ мм}$$

Принимаем величину потерь $\Psi = 3,8\%$ [31]

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.11)$$

$$j = \frac{4 \cdot 210}{3,14 \cdot 1,2^2} = 136 \text{ A / мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_P = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.12)$$

$$\alpha_P = 1,21 \cdot 210^{0,32} \cdot 12^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 15,7 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.13)$$

$$\alpha_H = 15,7 \frac{100 - 3,8}{100} = 15,1 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

где α_P – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.14)$$

$$V_{CB1} = \frac{15,1 \cdot 210}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,42} = 0,27 \text{ см / с} = 9,7 \text{ м / ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.15)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 210 = 25 \text{ В}$$

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_{\delta} \eta}{V_{CB}} \quad (1.16)$$

$$q_n = \frac{210 \cdot 25 \cdot 0,75}{0,27} = 14583 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\delta} U_{\delta}}{I_{CB}} \quad (1.17)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 210) \frac{1,2 \cdot 25}{210} = 2,25$$

где $\psi_{ПР}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.18)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{14583}{2,25}} = 0,46 \text{ см} = 4,6 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

где h – фактическая глубина проплавления, соответствующая рассчитанному режиму сварки. Принятая к расчету глубина проплавления ($h_{к1} = 4,4$ мм) и фактическая глубина проплавления ($h = 4,6$ мм) практически совпали, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Н1}} \cdot V_{\text{СВ}} \cdot (1 + 0.01\psi_P)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.19)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 9,7 \cdot 42 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3.8)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 213 \text{ м/ч}$$

Второй проход выполняем при таком же режиме сварки.

Таблица 1.7 - Параметры режима сварки соединения Г1 корневого и заполняюще-го проходов

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{Пл}}$, м/ч	$F_{\text{Н1}}$, мм ²
1,2	210±5	12	9,7±5	25	213	42

Рассчитаем режимы сварки соединения С 21

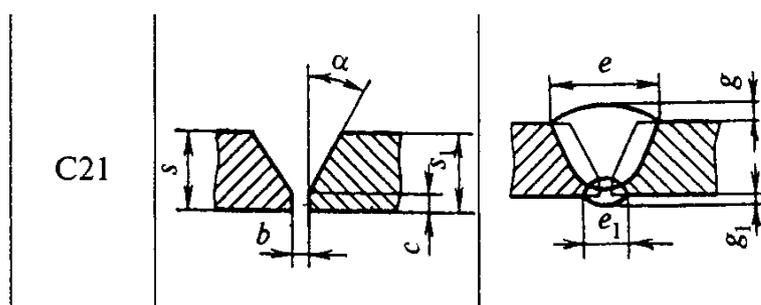


Рисунок 1.6 – Соединение С21 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №2

2. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2

$$F_H = sb + (s - c)^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + 0.75(eg + e_1g_1) \quad (1.20)$$

$$F_H = 10 \cdot 2 + (10 - 2)^2 \operatorname{tg} \frac{30}{2} + 0.75(14 \cdot 1 + 8 \cdot 1) = 112 \text{ мм}^2$$

где q – выпуклость сварного шва, мм, $q = 1$ мм

$$q_1 = 1 \text{ мм}$$

e – ширина сварного шва, $e = 14$ мм

$$e_1 = 8 \text{ мм}$$

$$c = 2 \text{ мм}$$

$$s = 10 \text{ мм}$$

$$b = 2 \text{ мм}$$

Принимаем сварку основной разделки в 2 прохода по 45 мм^2 .

Сварка в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 65 мм^2 . Сварку выполним в два прохода. Примем площадь наплавленного металла 1-прохода $F_{H1} = 45 \text{ мм}^2$, корневой валик выполним с применением специального режима сварки по гарантированному зазору – RootArc $I_{св} = 55 \text{ А}$, $U_d = 18 \text{ В}$, $V_{св} = 5 \text{ м/ч}$, $V_{эп} = 104 \text{ м/ч}$ [5]

$$h_{K1} = 5,8 \text{ мм}$$

$$h_{K2} = 0,7S - 0,5b \quad (1.21)$$

$$h_{K2} = 0,7 \cdot 5,8 - 0,5 \cdot 2 = 4 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_э$ по формуле [5]

$$d_э = K_d F_n^{0.625} \quad (1.22)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

$$d_{\text{э}} = 0,15 \cdot 45^{0,625} = 1,62 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,6$ мм, как применяемый в промышленности диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления $K_{\text{Н}}$ принимаем из таблицы [2]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{\text{КЛ}}}{K_{\text{Н}}} 100, \text{ А} \quad (1.23)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{4,0}{1,75} 100 = 275 \text{ А}$$

Примем $I_{\text{св}} = 275 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.24)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 16 \text{ мм}$$

Сварка осуществляется в смеси газов, поэтому принимаем $\Psi = 3,8 \%$

где j – плотность тока, $\text{А}/\text{мм}^2$

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.25)$$

$$j = \frac{4 \cdot 275}{3,14 \cdot 1,6^2} = 178 / \text{мм}^2$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

$$\alpha_p = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_9^{0.39} \frac{1}{d_9^{0.64}} \quad (1.27)$$

$$\alpha_p = 1.21 \cdot 275^{0.32} \cdot 16^{0.39} \frac{1}{1,6^{0.64}} = 16,92 / A \cdot ч$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \psi}{100} \quad (1.28)$$

$$\alpha_H = 12,1 \frac{100 - 3,8}{100} = 16,32 / A \cdot ч$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.29)$$

$$V_{CB1} = \frac{16,3 \cdot 275}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,45} = 0,35 \text{ см/с} = 12,6 \text{ м/ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.30)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 275 = 27,75 \approx 28 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.31)$$

$$q_n = \frac{275 \cdot 28 \cdot 0,75}{0,35} = 15400 \text{ Дж/см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{\text{ПР}}$ по формуле [5]

$$\psi_{\text{ПР}} = K(19 - 0.01I_{\text{CB}}) \frac{d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{CB}}} \quad (1.32)$$

$$\psi_{\text{ПР}} = 0,92(19 - 0.01 \cdot 275) \frac{1,6 \cdot 28}{275} = 2,4$$

где $\psi_{\text{ПР}}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициентом $\psi_{\text{ПР}}$ в пределах $\psi_{\text{ПР}} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{ПР}}}} \quad (1.33)$$

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{15400}{2,4}} = 4,7 \text{ мм}$$

где h – фактическая глубина проплавления составила $h = 4,7$ мм, принятая к расчету глубина проплавления $h_{\text{к1}} = 4,0$ мм. Учитывая, что толщина подварочного шва составляет 2 мм такое расхождение считаем допустимым.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

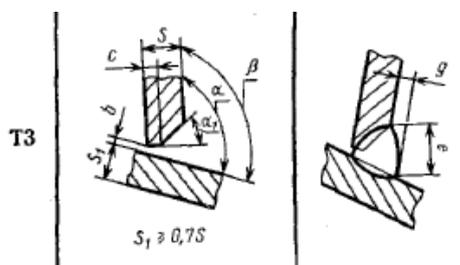
$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01\psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.34)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 46 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3,9)}{3.14 \cdot 1.6^2} = 366 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.8 - Параметры режима сварки соединения С21 1 и 2 прохода

$d_{\text{Э}}$, мм	$I_{\text{СВ}}$	$l_{\text{Э}}$, мм	$V_{\text{СВ}}$, м/ч	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{Пл}}$, м/ч	$F_{\text{Нл}}$, мм ²
1,6	275	16	13	28	366	55

Рассчитаем сварное соединение Т3 по ГОСТ 23518-79



$$S=10, e=12, g=5, c=1.5, \alpha=45^{\circ}$$

Рисунок 1.7 - Сварное соединение Т3 по ГОСТ 23518-79

3. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №2

$$F_{\text{Н}} = (s - c)b \frac{(s-c)^2}{2} \text{tg} \alpha + \frac{1}{2} [(s - c) \text{tg} \alpha + b]g \quad (1.47)$$

$$F_{\text{Н}} = (10 - 1.5) \frac{(10 - 1.5)^2}{2} \text{tg} 45 + \frac{1}{2} [(10 - 1.5) \text{tg} 45]5 = 94.9 \approx 95 \text{ мм}^2$$

Сварка в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва 65 мм². Сварку выполним в два прохода по 48 мм². Принимаем глубину первого прохода равной 8 мм. [5]

$$h_{\text{К1}} = 0,75s - 0,5b \quad (1.48)$$

$$h_{\text{К1}} = 0,75 \cdot 8 - 0,5 \cdot 2 = 5 \text{ мм}$$

где h_{K1} – расчетная глубина проплавления, мм

Выполним расчет диаметра электродной проволоки $d_{\text{э}}$ по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.49)$$

где K_d – табличный коэффициент, $K_d = 0,12$ [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 48^{0.625} = 1,15 \text{ мм}$$

Примем $d_{\text{э}} = 1,2$ мм, как применяемый в промышленности диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока $I_{\text{св}}$ через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления K_H принимаем из таблицы [2]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{K1}}{K_H} 100, \text{ A} \quad (1.50)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{5}{2.1} 100 = 238 \text{ A}$$

Примем $I_{\text{св}} = 238 \pm 5 \text{ A}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.51)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 = 12 \text{ мм}$$

$$j = \frac{4 \cdot I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.52)$$

$$j = \frac{4 \cdot 238}{3,14 \cdot 1,2^2} = 210 \text{ A / мм}^2$$

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		29

Принимаем величину потерь $\Psi = 3,8 \%$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_p = 1.21 \cdot I_{CB}^{0.32} \cdot l_{\text{Э}}^{0.39} \frac{1}{d_{\text{Э}}^{0.64}} \quad (1.53)$$

$$\alpha_p = 1.21 \cdot 238^{0.32} \cdot 12^{0.39} \frac{1}{1,2^{0.64}} = 13,58 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_p \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.54)$$

$$\alpha_H = 12,1 \frac{100 - 3,8}{100} = 12,98 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}$$

где α_p – коэффициент расплавления г/А·ч;

α_H – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки V_{CB1}

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.55)$$

$$V_{CB1} = \frac{12,98 \cdot 238}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,45} = 0,35 \text{ см} / \text{с} = 12,6 \text{ м} / \text{ч}$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7,8 \text{ г} / \text{см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.56)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 238 = 25,9 \approx 26 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.57)$$

$$q_n = \frac{238 \cdot 26 \cdot 0,75}{0,3} = 15410 \text{ Дж / см}$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см

η – коэффициент полезного действия дуги, $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара $\psi_{ПР}$ по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\text{э}} U_d}{I_{CB}} \quad (1.58)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 238) \frac{1,2 \cdot 26}{238} = 1,99$$

где $\psi_{ПР}$ – коэффициент провара

K – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента $\psi_{ПР}$ в пределах $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$, то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.59)$$

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{15411}{1,99}} = 0,71 \text{ мм}$$

где h – фактическая глубина проплавления составила $h = 7,1$ мм, принятая к расчету глубина проплавления $h_{к1} = 8$ мм, отклонение 8 %, что допустимо.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot F_{\text{Нл}} \cdot V_{\text{Св}} \cdot (1 + 0.01 \psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{Э.Пл}}^2} \quad (1.60)$$

$$V_{\text{Э.Пл}} = \frac{4 \cdot 48 \cdot 26 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3,8)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 116 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.10 - Параметры режима сварки соединения ТЗ 1 проход

d _Э , мм	I _{СВ}	l _Э , мм	V _{СВ} , м/ч	U _д , В	V _{Пл} , м/ч	F _{Нл} , мм ²
1,2	238	12	13±5	26	116	48

Параметры режимов сварки лицевого шва принимаем такие же, как и при сварке 1-ого прохода

1.6 Оборудование для изготовления камеры нижней теплообменника



Рисунок 1.8 - Инверторный источник сварочного тока

AristoMig 4004i Pulse – это легкий инверторный источник сварочного тока с электронным управлением для сварки MIG/MAG/MMA, предназначенный для областей, где требуется высокая производительность и высокое качество сварки.

По сравнению с традиционными аналогами у него на 70% меньше площадь опорной поверхности. Новая компактная конструкция в сочетании с легким весом (благодаря использованию инвертора) делают AristoMig 4004i Pulse по-настоящему мобильным.

Системы жидкостного охлаждения (опция) увеличивают время непрерывной сварки. Блок COOL 1 обеспечивает охлаждение горелок с жидкостным охлаждением, повышая комфорт работы сварщика. При прерывании сварки через 6,5 минут автоматически отключаются вентиляторы охлаждения в источнике питания и система охлаждения горелки, что существенно снижает расход энергии во время простоя.

Инвертор 4-го поколения работает значительно более эффективно – коэффициент мощности у него выше 0,95. Это означает низкое энергопотребление, а значит, и более низкие эксплуатационные расходы при одинаковых условиях работы.

Таблица 1.11 – Эксплуатационные расходы

Технология	Масса	КПД
Обычный выпрямитель	>149 кг	<70%
Инвертор	46 кг	>85%

Высокий ПВ – подходит для длительной работы.

- Широкий диапазон допустимого отклонения сетевого напряжения: 380 - 440 В +/- 10%.
- Возможность работы от генератора позволяет использовать аппарат на самых разных объектах.
- Функция перехода в режим пониженного энергопотребления.
- Запрограммированные синергетические линии обеспечивают оптимальный выбор настроек для широкого диапазона материалов, диаметра проволоки и комбинаций газов.
- Память на 10 (U6) или 255 (U82) режимов сварки.
- Индивидуальная настройка синергетических линий (U82).

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

- SuperPulse – сварка с управляемым переносом (U82).
- QSet – интеллектуальная система настройки.
- Функции «Плавный старт», «Предварительная подача газа» и «Горячий старт» улучшают начальное зажигание дуги и уменьшают разбрызгивание.
- Заварка кратера, настройка времени отжига и последующей подачи газа позволяют улучшить качество поверхности, увеличить срок службы токоподводящего наконечника и гарантируют отсутствие трещин при окончании сварки.
- Система TrueArcVoltage (только для горелок серии PSF) позволяет измерять действительное напряжение дуги независимо от длины соединительного кабеля, обратного кабеля и длины сварочной горелки.

Область применения

- Высокопроизводительная сварка MIG/MAG
- Сварка ММА с повышенными требованиями
- Типичные сегменты рынка:
 - общепромышленные работы
 - электроэнергетика
 - ветроэнергетические установки
 - грузовой и пассажирский автотранспорт
 - железнодорожный транспорт
 - землеройное и горно-шахтное оборудование
- Транспортные средства
 - стальные профили- судостроение / оффшорные сооружения

Таблица 1.12 - Технические характеристики

Характеристика	AristoMig 4004i Pulse
Сетевое питание, В / фаза	380-440 / 3 ~ 50/60
Сетевой кабель, Ø мм ²	4 x 4
Предохранитель (от скачков напряжения), А	20
Допустимый ток для MIG/MAG	

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

ПВ = 100%, А/В	300/29
ПВ = 60%, А/В	400/34
Диапазон установок, А:	
MIG/MAG	16-400
MMA	16-400
TIG (LiveTIG)	4-400
Напряжение холостого хода, В	55
Напряжение холостого хода (УПН), В	<35
Мощность холостого хода, кВт	137
КПД при макс. токе, %	88
Коэффициент мощности при макс. токе	0,94
Размеры, ДхШхВ, мм	610 x 250 x 445
Масса, кг (без блока охлаждения)	44,5
Масса, кг (с блоком охлаждения)	58
Рабочая температура, °С	От -10 до +40
Класс защиты	IP23
Класс применения	S
Класс изоляции	H
Сертификация	CE
Характеристика	Блок водяного охлаждения COOL 1
Напряжение источника питания, В DC	24
Скорость потока охлаждающей воды, л/мин	2,0
Кол-во хладагента, л	4,5
Охлаждающая способность, кВт	1,3
Макс. давление, бар	4,5
Макс. высота напора (над уровнем горелки), м	8,5
Масса с учетом хладагента, кг	12 / 16,5
Размеры с учетом впускной трубки (Д x Ш x В), мм	610 x 256 x 256

Панель управления Aristo U6

- Профессиональная сварка методом MMA
- Импульсная сварка методом MIG/MAG
- Автоматическая настройка QSet™
- Запрограммированные синергетические линии
- 2/4-х тактный контроллер горелки
- Функция заварки кратера
- Плавный старт, горячий старт и время отжига проволоки, которые можно установить
- Можно установить предварительную и последующую подачу газа
- Продувка газа и холостая подача проволоки
- 10 ячеек памяти
- Защита паролем



Панель управления Aristo U82 (дополнительную информацию смотри в закладке Документация)

- Все функции панели управления U6
- 255 ячеек памяти
- Управление файлами
- Автоматическое резервное копирование данных
- Режим SuperPulse
- Производственная статистика
- Больше 230 запрограммированных синергетических линий



Сварочный автомат

В качестве сварочного автомата выбран автомат для дуговой сварки A2 S GMAW MiniMaster

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.614 ПЗ

Лист

36

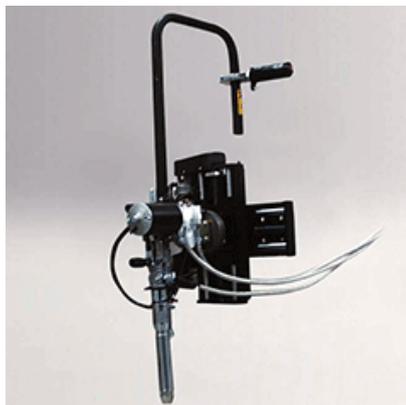


Рисунок 1.9 – Автомат для дуговой сварки A2 S GMAW MiniMaster

A2 S GMAW MiniMaster - компактная версия сварочной головки для сварки МИГ/МАГ. Сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ при тяжелых условиях работы. Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки, но и ее корпус. Все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги.

Таблица 1.13 -Технические характеристики

Наименование	MIG/MAG одной проволокой
Макс, ток при ПВ100%, А (смесь газов/Ar)	600
Макс, ток при ПВ100%, А (CO ₂)	650
Диаметр проволоки, мм	1,0-2,4
Скорость подачи проволоки, м/мин	2-25

Роликовый стенд для сборочных работ Т-60М

Вращение цилиндрических, конических и сферических изделий с определенной скоростью при сборке и сварке продольных и кольцевых швов в изделиях осуществляют на роликовых стендах. Эти же стенды могут быть использованы для установки изделия в удобное положение при контрольных и отделочных операциях.

Выбор того или иного стенда определяется размерами, массой и конструктивными особенностями изготавливаемой обечайки.

В тех случаях, когда требуется вращать аппараты или их обечайки с выступающими наружу люками, штуцерами или другими конструктивными элементами, используют стенды с приводными роlikоопорами, расположенными с двух сторон относительно продольной оси стенда и сочлененными между собой поперечными соединительными валами.

Приводные роlikоопоры обычно объединяют с редуктором привода.

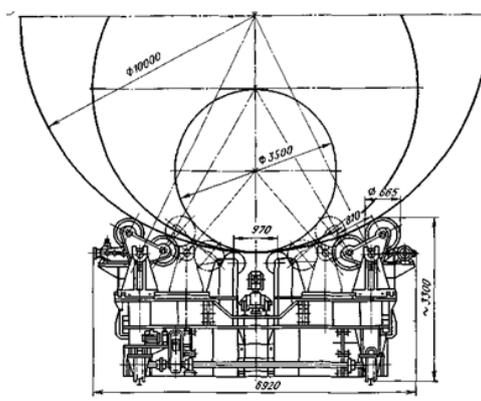


Рисунок 1.10 - Роликовый стенд Т- 60М

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, тс	60000
Рабочая скорость, м/год	8-130
Маршевая скорость, м/год	130
Диаметр ролика, мм	510
Габариты роlikоопоры, мм	800x900x1150
Вес приводной роlikоопоры, кг	1085
Вес холостой роlikоопоры, кг	840
Масса привода, кг	621

Все заготовительные операции будут производиться на заготовительном участке цеха. В данном случае к заготовительным операциям будет относиться:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

очистка и правка листового проката, резка проката, обработка поверхностей, разделка кромок, изготовление обечаек и транспортировка на участок сборки-сварки.

Для очистки металла от ржавчины применим проходную дробеметную установку модели ДПУ 2х0,6-6.

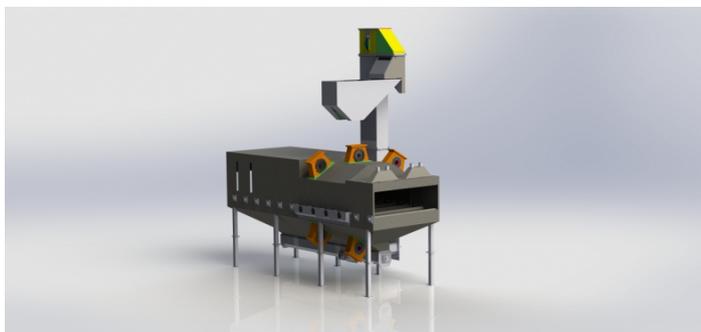


Рисунок 1.11 - Проходная дробеметная установка модели ДПУ 2х0,6-6.

Технические характеристики:

Эффективная ширина очистки (мм)	2000
Размерность входного окна (мм)	2200*600
Длина заготовки (мм)	1200-12000
Скорость рольганга (м/мин)	0.5-4
Толщина листового металла (мм)	3-60
Расход дроби (кг/мин)	6*250
Общая загрузка дроби (кг)	4500
Диаметр щетки очистки дроби (мм)	550
Производительности системы очистки воздуха (м ³ /ч)	19550
Общая мощность (кВт)	156.6

Для правки листового проката применим листопрямильную машину модели PRH 360x1000. Данная машина способна править листы большой толщины (для стали 09Г2С – 15 мм.). Станок имеет 9 правильных валов, вариатор скорости прокатки, рольганг для подачи тяжелых листов шириной 1000 мм и длиной до 15 м, правильные валы закалены и отшлифованы. Имеются подающие (зажимные) ва-

лы с гидравлической регулировкой, цифровая индикация положения правильных валов на панели управления.



Рисунок 1.12 – Листоправильная машина PRH 360x1000

Ножницы листовые кривошипные с наклонным ножом для листа 25x3150 мм модели НЛЗ433 предназначены для резки листового проката толщиной до 25 мм и пределом прочности меньше 500 МПа. Резка может производиться как по разметке, так и с применением заднего упора.

Технические характеристики:

Максимальное усилие реза, кН 1700

Наибольшие размеры разрезаемого металла с временным сопротивлением меньше 500 МПа, мм

толщина 25

ширина 3150

Расстояние от режущей кромки неподвижного ножа до станины (вылет), мм без вылета

Частота ходов ножей, мин-1

при резке наибольших размеров разрезаемого металла, не более 4

Угол наклона подвижного ножа 2°30'

Высота над уровнем пола, мм 2980

Высота над уровнем стола, мм 800

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

Наибольшая длина отрезаемой полосы при работе с задним упором, мм
1000

Наименьшая длина отрезаемой полосы при работе с задним упором, мм
80

Габаритные размеры в мм: длина x ширина x высота 4200x2650x3300

Масса, кг 30420

Электродвигатель главного привода:

тип А200L4УЗ, IM1081

мощность, кВт 45

частота вращения, об/мин 1500

Электродвигатель заднего упора: мощность, кВт 0,55



Рисунок 1.13 - Ножницы листовые кривошипные модели НЛ3433

Обработка поверхности заготовок и разделка кромок будет осуществляться ручной машиной для снятия фаски серии «GERIMA- SGB». Предназначенной для снятия фасок с прямолинейных и криволинейных поверхностей.

Обработка производится лепестковыми абразивными кругами (плавная регулировка угла фаски до 60°) или абразивной чашкой (модель 15.100, угол фаски определяется углом чашки и варьируется от 0° до 80°).

Таблица 1.14 – Технические характеристики SGC-40

Толщина металла (мм)	2-40
Ширина фаски (гипотенуза) (мм)	2-30
Угол фаски (град)	0/30/45/60*
Мощность двигателя (Вт)	1.500

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

Скорость вращения фрезы (об/ мин)	2.500-7.500
Масса (кг)	6,0
Напряжение (в/Гц)	230/50
Диаметр шлифовального круга (мм)	Конус/100/40
Производительность(см3/мин)	1 -3
Производительность на шлифовальный круг (см3)	50-400



Рисунок 1.14 –Машина для снятия фаски «GERIMA- SGB »

Для вырезки боковин камеры нижней используем переносную газорезущую машину «Смена- 2М»

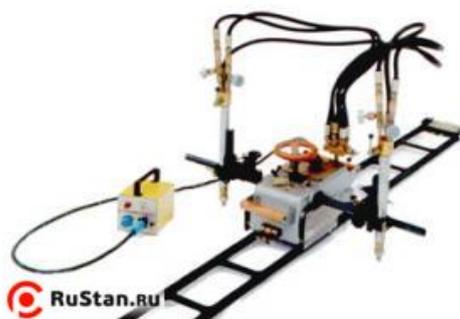


Рисунок 1.15 - Переносная газорезущая машина «Смена- 2М»

Технические характеристики Смена - 2М

Толщина вырезаемых деталей, мм	5...150
Количество резаков	2

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

Длина прямоугольного реза, наибольшая, мм	6300
Радиус резки по циркулю, мм	150...1500
Угол скоса кромки от вертикали, град.	до 60
Угол скоса кромки от горизонтали (при снятии фасок), град.	от 25
Ширина полосы при резке двумя резаками, мм	10...850
Ширина полосы при резке с удлинителем штанги, мм	1450
Скорость перемещения резака, м/мин	0,05...1,6
Длина направляющей секции, мм	2200
Габариты ходовой части машины, мм	405 x 240 x 250
Масса ходовой части машины, кг	20
Рабочий газ	ацетилен / пропан-бутан / природный газ

Сборка - сварка обечайки с дном

После установки обечайки на роликовый стенд приступают к сборке продольного стыка. Для сборки продольных стыков цилиндрических обечаек используются гидравлическими стробцинами, снабженными зажимными, выравнивающими и стягивающими гидроцилиндрами. С помощью стробцинов обеспечивается выравнивание кромок и необходимый зазор 5 мм. После чего по всей длине собираемого стыка прихватываются гребешки для фиксации требуемого зазора. После этого заготовка прихватывается ручной дуговой сваркой. Длина прихваток 20 мм шаг между ними 200 – 250 мм. После устанавливаются вводные и выводные планки, гребешки убирают, места прихваток тщательно зачищаются, производится внешний осмотр прихваток и замер зазора.

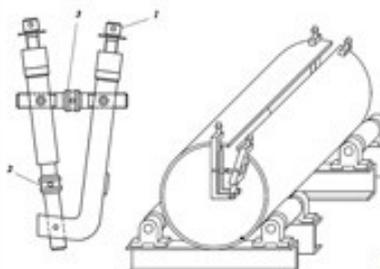


Рисунок 1.16 - Сборка продольного стыка обечайки

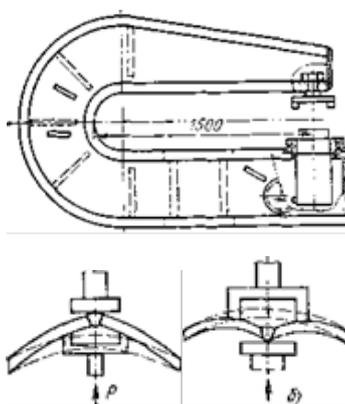
					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

Сварка обечайки с дном

Перед сваркой проводим предварительный подогрев металла до температуры 260°C . Сварка продольных стыков осуществляется сварочным автоматом A2 S GMAW MiniMaster.

После чего проводят внешний осмотр стыка.

В отдельных случаях возникает необходимость исправлять вогнутость и выпуклость в зоне продольных стыков цилиндрических обечайки. Для этой цели предусмотрено гидравлическое приспособление, выполненное в виде подковообразной скобы, которую навешивают краном на стык вертикально установленной обечайки



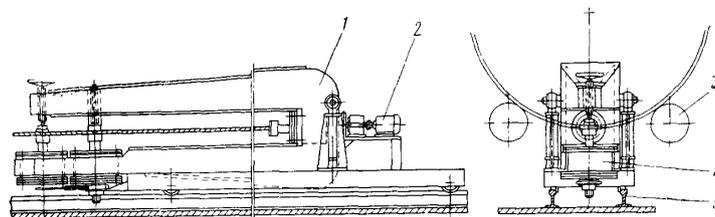
а) при выпучивании; б) - при западании

Рисунок 1.17 - Приспособление для правки продольных стыков обечайки

Сборка кольцевого стыка между обечайкой и дном является более трудоемкой операцией. Для ее механизации роликовый стенд оборудуется скобой, установленной на тележке. Тележка передвигается вдоль стенда по рельсовому пути. Настройка скобы в вертикальной плоскости осуществляется тягой. Собираемые обечайки на роликовый стенд подают краном. Скобу продвигают так, чтобы опора гидроцилиндра оказалась в плоскости собираемого стыка, и закрепляют на первой обечайке включением гидроцилиндра. После того, как торцовый гидроцилиндр, продвигая вторую обечайку к первой, установит требуемый зазор в стыке, гидроцилиндром выравнивают кромки и ставят прихватку. Поворот собираемых обечайки на некоторый угол для постановки других прихваток требует отвода не

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

только прижимов гидроцилиндров и, но и опор и. Последнее осуществляется путем небольшого поворота скобы вокруг оси под действием штока поршня гидроцилиндра. Шток при движении вниз, встретив неподвижную регулирующую опору, поднимает цилиндр, поворачивая скобу.



1 - скоба; 2 - привод; 3 - вращатель; 4 - домкрат; 5 - направляющие

Рисунок 1.18 - Механизированное устройство для сборки кольцевых стыков обечайки с дном

В разделе произведен расчёт параметров режима сварки, выбраны сварочные материалы и оборудование для сборки и сварки камеры нижней теплообменника.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

2 Экономическая часть

В дипломном проекте спроектирован технологический процесс сборки и сварки камеры нижней теплообменника, изготавливаемого из стали марки 09Г2С с применением автоматической сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной (полуавтоматической) сваркой в среде CO_2 . При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили: сварочный полуавтомат ПДГО-510 с источником ВДУ-506, сварочная горелка, роликовый стенд Т-60М, баллон с углекислотой.

Проектируемая технология предполагает замену механизированной сварки камеры нижней теплообменника на автоматическую сварку в среде защитных газов.

Представим исходные данные по базовому и проектному варианту в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Цена приобретения	
		Базовый вариант	проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт.	250	250
Сварочный полуавтомат ПДГО-510 с источником питания ВДУ-506, C_{omt}	руб./шт.	82210	
Сварочный автомат А2 S GMAW MiniMasterc источником питания ВДУ-1201К	руб./шт.	-	458988
Роликовый стенд Т-20А		600000	1200000
Роликовый стенд Т- 60М			1100000
Установка для сборки			2100000
Сталь 09Г2С, $C_{к.м}$	руб./тонна	40000	40000
Сварочная проволока Св-08Г2С, $\varnothing 1,2$ мм, $C_{o.p.m}$	руб./кг		185
Сварочная проволока Св-08ГА, $\varnothing 1,6$ мм, $C_{o.p.m}$	руб./кг	7,5	

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

$t_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, час.;

$t_в$ – вспомогательное время, час.;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, час.;

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности, час.

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (2.2)$$

где $t_{осн}$ – основное время, час;

$L_{шв}$ – сумма длин всех швов, см. геометрическая длина всех сварных швов
 $\sum L_{шв} = 38 \text{ м}$.

$V_{св}$ – скорость сварки шва, м/час, $V_{св} = 15 \text{ м/час}$. (проектируемый вариант), $V_{св} = 8 \text{ м/час}$ (базовый вариант),

$$t_{осн} = \frac{38}{8} = 4,75 \text{ час}$$

$$t_{осн} = \frac{38}{15} = 2,5 \text{ час}$$

Подготовительно-заключительное время ($t_{нз}$) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени $t_{нз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = 10\% 4,75/100 = 0,47 \text{ час.}$$

$$t_{нз} = 10\% 2,5 = 0,25 \text{ час.}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

Вспомогательное время (t_6) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой t_3 , осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{кр}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{бр}$, клеймение швов $t_{кл}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{уст}$:

$$t_6 = t_3 + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (2.2)$$

При автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным

$$t_3 = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ час.}$$

Время зачистки кромок или шва вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (2.3)$$

где $t_{кр}$ – время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

n_C – количество слоёв;

$L_{шв}$ – длина шва, м. $L_{шв} = 38$ м.

$$t_{кр} = 38 * (0,6 + 1,2) = 68,4 \text{ мин} = 1,14 \text{ час.}$$

$$t_{кр} = 38 * (0,6 + 1,2) = 68,4 \text{ мин} = 1,14 \text{ час.}$$

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 мин. на 1 знак, $t_{кл} = 0,456$ мин. = 0,0076 ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{уст}$) зависит от его массы.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		49

$$t_{ycm} = 0,14 \text{ час.}$$

Таким образом рассчитываем значение t_{θ} для проектного варианта

$$t_{\theta} = 0,083 + 1,14 + 1,14 + 0,21 + 0,14 = 2,7 \text{ час.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \div 0,08) * t_{очн} \quad (2.4)$$

$$t_{обс} = 0,07 * 4,75 = 0,33 \text{ час.}$$

$$t_{обс} = 0,07 * 2,5 = 0,18 \text{ час}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении

$$t_n = 0,07 * t_{очн} \quad (2.5)$$

$$t_n = 0,07 * 4,75 = 0,33 \text{ час.}$$

$$t_n = 0,07 * 2,5 = 0,18 \text{ час.}$$

Таким образом, расчет общего времени на выполнение сварочной операции по проектируемому варианту может быть представлен

$$T_{шт-к} = 4,75 + 0,47 + 2,7 + 0,33 + 0,33 = 8,58 \text{ час. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 2,5 + 0,36 + 2,7 + 0,18 + 0,18 = 5,92 \text{ час. (проектный вариант)}$$

2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы $T_{\text{произв. пр.}}$ сварных конструкций по операциям техпроцесса:

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт-к}} \cdot N \quad (2.6)$$

где N – годовая программа, шт. $N = 300$ шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 8,58 \cdot 300 = 2574 \text{ час. (базовый вариант);}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 5,92 \cdot 300 = 1776 \text{ час. (проектный вариант);}$$

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_P , шт.:

$$C_P = \frac{T_{\text{произв пр}}}{\Phi_D K_H K_{\text{см}}} \quad (2.7)$$

где $T_{\text{произв. пр.}}$ - общая трудоемкость годовой производственной программы по операциям, час.;

Φ_D – действительный фонд времени работы оборудования, (1914 час).

K_H – коэффициент выполнения норм ($K_H = 1,1 \dots 1,2$).

$$C_P = \frac{2574}{1914 \cdot 1,2} = 1,12 ;$$

$$C_P = \frac{1776}{1914 \cdot 1,2} = 0,72 ;$$

Примем $C_P = 2$ шт. $C_P = 1$ шт

По новой измененной технологии достаточно одной установки для автоматической сварки в среде защитных газов.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		51

Принятое количество оборудования, C_{II} , определяем путём округления расчётно-го количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%.
Расчёт коэффициента загрузки оборудования производим по формуле:

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{II}} \quad (2.8)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

C_P – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.;

C_{II} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{1.12}{2} = 0.56 \text{ (базовый вариант)}$$

$$K_3 = \frac{0.72}{1} = 0.72 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Коэффициент загрузки оборудования равен 0,68, так как оборудование и техос-настка не используется на других работах этого предприятия.

2.3 Расчет численности производственных рабочих

Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков).
Численность основных рабочих $Ч_{OP}$, определяется для каждой операции по фор-муле:

$$Ч_{OP} = \frac{T_{\text{произв.пр.}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_B} \quad (2.9)$$

где $\Phi_{\text{др}}$ – действительный фонд времени производственного рабочего (1870 час.);

$Ч_{OP}$ – численность основных рабочих, чел.;

K_B – коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$Ч_{op} = \frac{2574}{1870 \cdot 1.1} = 1.25$$

Примем $Ч_{OP} = 2$.

$$Ч_{op} = \frac{1776}{1870 \cdot 1.1} = 0.86$$

Примем $Ч_{OP} = 1$.

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает 2 сварщика. По новой измененной технологии достаточно 1 сварщика.

2.4 Расчет капитальных вложений в приобретение оборудования и проведение строительно-монтажных работ

Для внедрения новой технологии необходимо приобрести или изготовить новое оборудование и техоснастку, так как их не имеется в наличие на производстве. Затраты на приобретение оборудования будут являться дополнительными затратами на внедрение новой технологии.

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ ($K_{об, руб.}$) определяется по формуле:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{обj} \cdot K_{зj}, \quad (2.10)$$

где $K_{обj}$ – балансовая стоимость j -ого оборудования, руб.;

$C_{обj}$ – принятое количество j -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ – коэффициент загрузки j -ого оборудования, $K_{зj} = 1$.

Балансовая стоимость оборудования ($K_{обj}$) определяется:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

$$K_{obj} = C_{obj} * (1 + K_{mз}), \text{ руб.} \quad (2.11)$$

где C_{obj} – цена приобретения единицы j -ого оборудования, руб.;

$K_{mз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ($K_{mз} = 0,12$).

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле

Базовый вариант:

$$K_{obj} = 682210 * (1 + 0,12) = 764075 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$K_{об} = 4858988 * (1 + 0,12) = 5442067 \text{ руб.}$$

Определяем по формуле капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ по вариантам:

$$K_{об} = 764075 * 2 * 1 = 1528150 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 5442067 * 1 * 1 = 5442067 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 6.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		54

Таблица 2.2 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена единицы оборудования	682210	4858988
Коэффициент загрузки	0,6	0,68
Количество штук	2	1
Балансовая стоимость	764075	5442067
Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ	1528150	5442067

2.5 Расчет материальных затрат

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ($MЗ$, руб.) рассчитываются по формуле

$$MЗ = C_{o.m} + C_{эн} + C_{др} \quad (2.11)$$

где $C_{o.m}$ – стоимость основных материалов, руб.;

$C_{эн}$ – стоимость энергоресурсов, руб.

К основным относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также учитываются и сварочные материалы: электроды, сварочная проволока, присадочный материал (защитный газ, сварочный флюс). Стоимость основных материалов ($C_{o.m}$, руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитываем по формуле:

$$C_{o.m} = (C_{к.м} + C_{св.пр.} + C_{зг} + C_{св.фл.}) * K_{тр} \quad (2.12)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

2.5.1 Стоимость конструкционного материала ($C_{к.м}$)

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 09Г2С.

$$C_{к.м} = m_{к} \times Ц_{к.м},$$

где $m_{к}$ – масса конструкции, т; $m_{к} = 3700 \text{ кг} = 3,7 \text{ т}$

$Ц_{к.м}$ – цена одной тонны конструкционного материала, руб.; $Ц_{к.м} = 40000 \text{ руб./т}$

$$C_{к.м} = 3,7 * 40000 = 148000 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 148000 руб., как для базового, так и проектируемого вариантов.

2.5.2 Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Г2С

$$C_{св.пр} = M_{нм} * \psi * Ц * K_{тр}, \text{ руб.} \quad (2.13)$$

где $M_{нм}$ – масса наплавленного металла, кг;

ψ – коэффициент разбрызгивания электродного металла, $\psi = 1.02$;

$Ц$ – оптовая цена 1 кг сварочной проволоки;

$K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Масса наплавленного металла ($M_{нм}$) рассчитывается по формуле:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		56

$$M_{HM} = V_{HM} \cdot \rho_{HM}, \quad (2.14)$$

где V_{HM} - объем наплавленного металла, см³;

ρ_{HM} - плотность наплавленного металла, г/см³ ($\rho_{стали} = 7,8$ г/см³).

Объем наплавленного металла (V_{HM}) рассчитывается по формуле

$$V_{HM} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (2.15)$$

где F_o – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$L_{шв}$ - длина сварного шва, см.

Таким образом, исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 38 \text{ м} = 3800 \text{ см}$$

$$F_{HM} = 84 \text{ мм}^2 = 0,84 \text{ см}^2.$$

$$V_{HM} = 3800 \cdot 0,84 = 3192 \text{ см}^3.$$

$$M_{HM} = 3192 \cdot 7,8 = 24898 \text{ г} = 24,898 \text{ кг}$$

Производим расчеты $C_{св.пр}$ по формуле:

$$C_{св.пр} = 24,898 \cdot 1,2 \cdot 7,5 \cdot 1,05 = 235,29 \text{ руб. (базовый вариант – сварка в CO}_2\text{)}$$

$$C_{св.пр} = 24,898 \cdot 1,02 \cdot 185 \cdot 1,05 = 4933,16 \text{ руб. (проектируемый вариант – сварка в смеси K18))}.$$

2.5.3 Расчет затрат на газ

$$C_{зг} = t_{осн} \cdot q_g \cdot k_P \cdot Ц_{ф} \cdot K_m \quad (2.16)$$

где $t_{осн}$ – время сварки, ч, $t_{осн} = 4,8$ ч (проектируемый вариант) $t_{осн} = 3,2$ ч (базовый вариант);

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		57

k_p – коэффициент; $k_p = 1,1$;

C_2 – цена газа за один л., руб.;

K_{mp} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$C_{32} = 270 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 249,5$ руб. (базовый вариант – защитный газ CO_2)

$C_{32} = 108 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 0,11 \cdot 1,05 = 137,2$ руб. (проектируемый вариант – смесь газов).

Статья «Топливо и энергия на технологические цели» ($C_{эн}$, руб.) включает затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции (силовая энергия).

Затраты на электроэнергию на операцию

$$C_{эн} = \alpha_э \cdot W \cdot C_э, \text{ руб.} \quad (2.17)$$

где $\alpha_э$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$C_э$ – цена за 1кВт/ч; $C_э = 3,16$ кВт/ч.

$C_{эН} = 24,898 \cdot 8 \cdot 3,16 = 629,41$ руб. (базовый вариант);

$C_{эН} = 24,898 \cdot 5 \cdot 3,16 = 393,39$ руб. (проектируемый вариант);

Стоимость основных материалов ($C_{о.м}$, руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{о.м} = (148000 + 235,29 + 249,5) \cdot 1,05 = 155909 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

$$C_{o.m} = (148000 + 4933,16 + 137,2) * 1,05 = 160724 \text{ руб.}$$

Таким образом, материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие составят:

По базовому варианту:

$$MЗ = (235,29 + 249,5 + 629,41) = 1114,2 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$MЗ = (4933,16 + 137,2 + 393,39) = 5464 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды.

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т.е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда (Z_{np}) рассчитываются по формуле (15).

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Z_{np}) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (16).

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика: T_{cm} сварщика механизированной сварки - 144 руб./час, T_{cm} сварщика автоматической сварки - 168 руб./час.

Рассчитанное $T_{шт-к} = 8,58 \text{ ч.} = 514,8 \text{ мин.}$ (базовый вариант);

$T_{шт-к} = 5,92 \text{ ч.} = 355,2 \text{ мин.}$ (проектируемый вариант).

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		59

$$P_{сд} = \frac{144 \cdot 515}{60} = 1236 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{сд} = \frac{168 \cdot 355,2}{60} = 994,56 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле (20)

$$D_{вр} = \frac{144 \cdot 515 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 24,72 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{вр} = \frac{168 \cdot 355,2 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 19,89 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

$$Z_{np} = 1236 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 24,72 = 2434,92 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{np} = 994,56 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 19,89 = 1959,3 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле (21):

$$ЗП_{\delta} = 1,13 \cdot 2434,92 \cdot 1,3 = 3577 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗП_{\delta} = 1,13 \cdot 1959,3 \cdot 1,3 = 2878 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, рассчитанные по формуле (15), составляют:

$$Z_{np} = 2434,92 + 3577 = 6011,92 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{np} = 1959,3 + 2878 = 4837,3 \text{ руб. (проектный вариант).}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости Ст изготовления годового объема выпуска металлоконструкций (N= 300 шт.) в таблицу 2.3.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

Таблица 2.3 – Результаты расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, Со.м, руб.	46772700	48217200
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), Сэн, руб.	188823	118017
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), Зпр, руб.	1803576	1451190
Технологическая себестоимость, Ст, руб./металлоизделие	48765099	49786407

Расчет производственной себестоимости изготовления металлоизделия

Производственная себестоимость ($C_{\text{ПР}}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет $C_{\text{ПР}}$ проводят по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{Т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}} , \quad (2.21)$$

где $C_{\text{Т}}$ – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{\text{пр}}$ – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{\text{хоз}}$ – общехозяйственные расходы, руб.

В статью «Общепроизводственные расходы» ($P_{\text{пр}}$, руб.) включаются:

- амортизационные отчисления технологического оборудования, установленного в цехе;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов;
- расходы на охрану труда работников и др.

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		61

$$P_{\text{пр}} = C_A + C_p + P_{\text{пр}} \quad (2.22)$$

где C_A – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_p - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{\text{пр}}^*$ - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие (C_A), при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле:

$$C_A = \frac{K_{\text{об}} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{\text{шт-к}}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O \quad (2.23)$$

где $K_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

H_A – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки $H_A = 14,7$ %;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 1914$ час.;

$T_{\text{шт-к}}$ – время на выполнение сварочной операции на годовую программу производства, час.;

K_O – коэффициент загрузки оборудования;

n_o – количество оборудования, шт.;

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени, $K_B = 1,1$.

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{764075 \cdot 14,3 \cdot 8,58}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 915,45 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

Проектируемый вариант

$$C_A = \frac{5442067 \cdot 14,3 \cdot 5,92}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 1 = 2261 \text{ руб.}$$

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, Ср, руб. рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot Д}{100} \quad (2.24)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;
Значение $Д$ принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{1528150 \cdot 3}{100} = 45844,5 \text{ руб}$$

$$C_p = \frac{5442067 \cdot 3}{100} = 163262 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение), прочие цеховые расходы принимаются в процентах от заработной платы производственных рабочих

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{\% P_{\text{ПР}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.25)$$

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{1803576 \cdot 10}{100} = 180358 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ПР}}^* = \frac{1451190 \cdot 10}{100} = 145119 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

где ЗП_{пр} – заработная плата производственных рабочих, руб.;

%P_{пр} – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %. P_{пр} = 10%.

Расчет общехозяйственных расходов. В статью «Общехозяйственные расходы» (P_{хоз}, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация зданий и сооружений общезаводского назначения; расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения (ремонт и расходы по эксплуатации, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, прочие расходы по содержанию и охране, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний и т.д.). Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

$$P_{хоз} = \frac{\%P_{хоз} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.26)$$

где ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

% P_{хоз} – процент общехозяйственных расходов, % P_{хоз} = 25%.

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 1803576}{100} = 450894 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 1451190}{100} = 362797 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Выполним расчет общепроизводственных расходов по базовому варианту:

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

$$R_{\text{пр}} = 915,45 + 45844,5 + 450894 = 497654 \text{ руб.}$$

по проектируемому варианту:

$$R_{\text{пр}} = 2261 + 163262 + 362797 = 528320 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости по формуле

По базовому варианту:

$$C_{\text{пр}} = 48765099 + 450894 + 497654 = 49713647 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$C_{\text{пр}} = 49786407 + 362797 + 528320 = 50677524 \text{ руб.}$$

2.6 Расчет полной себестоимости

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, $C_{\text{п}}$ производим по формуле:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пр}} + R_{\text{к}}, \quad (2.27)$$

где $R_{\text{к}}$ – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ($R_{\text{к}}$, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле:

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		65

$$P_k = \frac{\%P_k \cdot C_{пр}}{100} \quad (2.29)$$

где %P_к – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, %P_к = 0,1-0,5%.

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 49713647}{100} = 49714 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 50677524}{100} = 50677 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 49713647 + 49714 = 49763361 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 50677524 + 50677 = 50728201 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Результаты расчетов себестоимости изготовления металлоизделий сводятся в таблицу

Таблица 2.4 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска продукции по сравниваемым вариантам, руб.

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Отклонения (+,-) проектируемый вариант в сравнении с базовым
1. Материальные затраты:	46772700	48217200	1444500
2. Затраты на технологическую электроэнергию	188823	118017	70806
3. Заработная плата производственных рабочих	1803576	1451190	352386
Итого технологическая себестоимость, Ст	48765099	49786407	1021308
4. Общепроизводственные расходы, Р _{пр}	227118	310642	83524
5. Общехозяйственные расходы, Р _{хоз.}	450894	362797	88097
Итого производственная себестоимость, С _{пр}	49713647	50677524	963877
6. Коммерческие расходы, Р _к	49714	50677	963
Итого полная себестоимость, С _п	49763361	50728201	-964840

2.7 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет годовой экономии по полной себестоимости, $\Delta C_{п}$, руб., производим по формуле:

$$\Delta C_{п} = C_{п1} - C_{п2}, \quad (2.30)$$
$$\Delta C_{п} = 49763361 - 50728201 = -964840$$

где $C_{п1}$, $C_{п2}$ - полная себестоимость годового выпуска продукции по базовому и проектируемому вариантам соответственно.

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте меньше технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на заработную плату и общехозяйственные нужды, а также за счет снижения коммерческих расходов.

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, Π , руб. рассчитываем по формуле.

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (C , руб.) по формуле по базовому и проектируемому вариантам. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$C = (C_n * K_p) / N, \quad (2.31)$$

где N – годовой объем выпуска изделий, шт., $N = 300$

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		67

$$Ц_1 = (49763361 \cdot 1,3)/300 = 215641 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = (50728201 \cdot 1,5)/300 = 253641 \text{ руб.}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по базовому и проектируемому вариантам:

$$В = Ц \cdot N \quad (2.32)$$

$$В_1 = 215641 \cdot 300 = 64692300 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$В_2 = 253641 \cdot 300 = 76092301 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий

$$П = В - C_{п}, \quad (2.33)$$

$$П_1 = 64692300 - 49763361 = 14928939 \text{ руб.}$$

$$П_2 = 76092301 - 50728201 = 25364100 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли $\Delta П$ в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:

$$\Delta П = П_2 - П_1, \quad (2.34)$$

$$\Delta П = 25364100 - 14928939 = 10435161 \text{ руб.}$$

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		68

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер.}}, \quad (2.35)$$

где $N_{кр}$ - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост.}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий $C_{п.}$, за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, $C_{т.}$);

$Ц$ - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер.}$ - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$C_{пер.} = C_{тех} / N \quad (2.36)$$

$$C_{пер.} = 48765099 / 300 = 162550 \text{ руб}$$

$$C_{пер.} = 49786407 / 300 = 165955 \text{ руб}$$

Расчет рентабельности продукции, R , выполняем по формуле:

$$R = \frac{П}{C_n} * 100 \quad (2.37)$$

$$R_1 = \frac{14928939}{49763361} \cdot 100 = 30 \%$$

$$R_1 = \frac{25364100}{50728201} \cdot 100 = 50 \%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.), $\Pi_{\text{тр}}$ производим соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{ор}}}, \quad (2.38)$$

$$\Pi_{\text{тр}1} = \frac{64692300}{2} = 32346150 \text{ руб / чел}$$

$$\Pi_{\text{тр}2} = \frac{76092301}{1} = 76092301 \text{ руб / чел}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, T_o производим по формуле:

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta \Pi} \quad (2.39)$$

$$T_o = \frac{5442067}{10435161} = 0,52 \text{ года}$$

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в виде таблицы.

Таблица 2.5 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	300	300	-
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, B	руб.	64692300	76092301	11400001
3	Капитальные вложения, K	руб.	1528150	5442067	3913917
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, C _т	руб.	48765099	49786407	1021308

должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

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

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

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (3-й разряд) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		73

– Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки давлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов

– Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

– Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки давлением

– Требования к подготовке конструкции под сварку

– Технология полностью механизированной и автоматической сварки давлением

– Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения

– Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

– Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

– Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

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

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		76

3.2 Разработка учебного плана переподготовки

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее, который представлен в таблице 3.2. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 3.2 - Учебный план переподготовки рабочих

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	66
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86

	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	176

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 3.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Оборудование для автоматической сварки в среде газов	16
3	Сварочные материалы	6
4	Сварные конструкции	5
5	Технология автоматической сварки в среде газов	18
6	Механизация и автоматизация сварочного производства	5
	Итого:	52

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана - конспекта урока

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		78

План-конспект урока

Тема курса: Сварочные автоматы для дуговой автоматической сварки в среде защитных газов».

Тема урока: «Типовые узлы сварочных автоматов. Автоматическая головка «ESAB A2 S MiniMaster».

Цели урока:

Образовательная: сформировать понятия об основных узлах сварочных автоматов; назвать особенности узлов сварочных автоматов; охарактеризовать особенности типовых узлов сварочных автоматов.

Развивающая: развивать умения определять типовые узлы автомата в зависимости от конструкции; развить навыки самостоятельной работы при чтении схем, чертежей сварочных автоматов.

Воспитывающая: развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работы в бригаде; развить чувство ответственности за исправность используемого оборудования; воспитать бережливое отношение к рациональному использованию энергетических ресурсов, расходных материалов.

Тип урока: урок усвоения новых знаний.

Структура урока и затраты времени на этапы:

1. Организационная часть 3-5 мин. Приветствие, проверка по списку всех присутствующих, организационные вопросы. Изложение темы и цели урока.

2. сообщение нового материала 50-55 мин.

3. Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.

Краткий опрос – беседа со слушателями в аудитории.

Средства обучения:

Плакат «Сварочный автомат ESAB A2 S MiniMaster».

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		79

Методы преподавания:

- словесные методы (объяснение);
- наглядные методы (демонстрация плакатов).

Учебная литература:

Сварочное производство / Колганов Л. А. — Ростов н/Д: «Феникс», 2012. — 512 с.

Таблица 3.3 - План-конспект урока по спецтехнологии на тему: «Типовые узлы сварочных автоматов. Автоматическая головка ESAB A2 S MiniMaster»

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебной деятельности
1	2	3
Организационная часть 3-5 мин.	Тема: «Типовые узлы сварочных автоматов. Автоматическая головка ESAB A2 S MiniMaster». Цели: - сформировать понятия об основных узлах сварочных автоматов; - назвать особенности узлов сварочных автоматов; - охарактеризовать особенности типовых узлов сварочных автоматов; - развивать умение определять типовые узлы автомата в зависимости от конструкции; - развивать навыки самостоятельной работы при чтении схем, чертежей сварочных автоматов; - развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работе в бригаде; - сформировать чувство ответственности за исправность используемого оборудования; - воспитывать бережливое и экономически правильное отношение к используемым энергетическим ресурсам и расходным материалам.	Приветствие преподавателя, проверка присутствующих по учебному журналу группы; тема урока, ее актуальность.

Сообщение нового материала
50-55 мин.

Общие сведения об устройстве сварочных автоматов.

Сварочным автоматом называется комплекс механизмов и электрических приборов необходимых для механизации процесса выполнения сварного соединения.

I Сварочная головка.

В автоматах сварочной головкой называется механизм, который обеспечивает подвод сварочного тока к электродной проволоке, возбуждает электрическую дугу, подает проволоку в зону горения дуги и прекращает процесс сварки. Сварочная головка называется подвижной, если она установлена неподвижно, а свариваемое изделие вращается или передвигается относительно нее. Если же в конструкции головки имеется механизм для ее перемещения, то она называется самоходной. Обычно самоходные головки перемещаются по направляющим рельсам или уголкам. Сварочная головка вместе с газовой аппаратурой называется сварочным автоматом. Если в конструкции сварочного автомата имеется тележка, перемещающаяся непосредственно по свариваемому изделию, то такой автомат называется сварочным трактором. Сварочные автоматы различных типов для сварки в среде защитных газов имеют ряд общих и унифицированных сборочных единиц (узлов) и механизмов, устройство которых мы сейчас с вами рассмотрим.



Технические характеристики

Наименование	MIG/MAG одной проволокой
Макс, ток при ПВ100%, А	600
Диаметр проволоки, мм	0,8-2,4
Скорость подачи проволоки, м/мин	16

Методы обучения (по источнику знаний)

-словесный;
- наглядный.

Словесный объяснения.

Речь преподавателя в меру громкая, членораздельная, литературно и технически грамотная.

Объяснение ведется, повернувшись к аудитории лицом.

В случае записи на доске выполнение рисунков объяснения не вести.

Наглядный показ – наглядных пособий (плакаты, натуральное оборудование).

Выполнение рисунков, схем на доске.

Плакаты демонстрировать по мере необходимости, по прохождению учебного материала.

Плакаты вывешивать на доске повыше, чтобы их было видно с дальних парт. Для изображения на доске выполняют некоторые рисунки, схемы.

Механизм подачи для автоматической сварки ESAB A2 S MiniMaster предназначен для сварки и наплавки в среде защитных газов. Головка состоит из блока управления и механизма подачи проволоки.

Преимущества:

-Система управления позволяет точно контролировать сварочный процесс и характеристики дуги.

-Быстрая настройка под широкий диапазон сварочных процессов, скоростей подачи и диаметров проволоки.

-Компактные элементы с отличной возможностью компоноваться в простые комбинации сложных автоматизированных производственных линий.

II. Роликовые копиры:

Данные устройства предназначены для направления электродной проволоки 5 по кромкам 4, разделенным под сварку. Копир состоит из двух или трех роликов 1, расположенных друг за другом в кронштейне 2. оси роликов и электродной проволоки располагаются в одной плоскости. Ролики все время находятся под действием пружин 3, прижимающих их к изложницам шва. Эти пружины дают так же возможность роликам вертикально перемещаться при переходе их через прихватки. Во время сварки ролики входят в разделку шва, движутся впереди электродной проволоки и автоматически направляют ее по шву.

III. Указатели электродной проволоки при сварке без разделки кромок

Указатели могут быть стрелочными или световыми. Световой указатель состоит из корпуса, внутри которого расположены электрическая лампочка, линзы и выключатель. Линза собирает световые лучи и направляет их в виде тонкого пучка на одну из свариваемых кромок.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.614 ПЗ

Лист

82

Окончание таблицы 3.3

1	2	3
Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.	Вопросы: 1. какие разновидности типовых узлов сварочных автоматов существуют. 2. Назвать их принципы работы и их характерные отличия друг от друга. 3. Что такое сварочная головка. 4. Что такое правильный механизм; его прицепы действия. 5. Перечислить виды мундштуков, назвать отличия между ними.	Краткий повтор пройденного материала проводится в виде кратких вопросов, которые задают уже конкретным учащимся. Оценки не выставляются, конкретные формулировки не спрашиваются, вопросы направлены на общее понимание материала. Если есть проблемы в понимании нужно коротко, ясно повторить данные моменты.
Выдача домашнего задания 3-5 мин.	Проработать дома материалы учебника и конспектов записанных на занятии. Учебник параграф III.	Объявить о выдаче домашнего задания. Проследить чтобы все учащиеся открыли свои тетради и записали под диктовку, что нужно будет сделать самостоятельно дома.

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;

					ДП 44.03.04.614 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		84

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

- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале работы над дипломным проектом была поставлена задача разработки технологии сборки и сварки камеры нижней теплообменника.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

В проекте разработана технология сборки-сварки камеры нижней теплообменника из стали 09Г2С. Произведен выбор способа сварки и необходимых сварочных материалов, подбор оборудования для автоматической сварки в среде защитных газов. Рассчитаны параметры режимов сварки. Описан необходимый контроль.

В экономической части дипломного проекта произведена оценка экономической эффективности технологических решений, обеспечивающих экономию затрат на выполнение автоматической сварки камеры нижней по сравнению с механизированной сваркой.

В методическом разделе разработана программа обучения рабочих на предприятии.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

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 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А.В. Коновалов, А. С.Куркин, Э.Л.Макаров [и др.]; под ред. В.М. Неровного. — 2-е изд., испр. идоп. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 752 с.
- 3 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.
- 4 Алешин, Н.П. Сварка, наплавка, контроль: в 2-х томах / Т.1 Н.П. Алешин - М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 428 с.
- 5 Милютин, В. С. Источники питания для сварки / В.С. Милютин, М.П. Шалимов, С.М.Шанчуров - М.: Айрис - пресс, 2007. - 384 с.
- 6 Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х Т.1 / Редкол. Г.А. Николаев (пред.) и др. Под ред. Н.А. Ольшанского.- М.: Машиностроение, 1978. - 504 с.
- 7 Чернышов, Г.Г. Технология электрической сварки плавлением/ Г.Г. Чернышов. - М.: Издательский центр Академия, 2006. – 448 с.
- 8 Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки. / Походня, И.К., Явдошин И.Р., Пальцевич А.П., Котельчук А.С. Под редакцией Походни И.К. - Киев: Наукова думка, 2004. - 442 с.
- 9 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1989. – 256с.
- 10 Батышев, С.Я. Профессиональная педагогика: учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям / С.Я.Батышев [и др.]. – М.: Ассоциация «Профессиональное образование», 1997. – 512 с.
- 11 Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. - М.: 1995. – 336 с.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

- 12 Бордовская, Н.В. Педагогика: учеб.для вузов. / Н.В. Бордовская, А.А. Реан. – СПб.: Питер, 2003. – 304с.
- 13 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.
- 14 Волков, О.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / О.И. Волков, В.К. Скляренко. 2-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 264 с.
- 15 Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А.Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.
- 16 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.
- 17 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 - М. ред. 2011. – 19с.
- 18 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.
- 19 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
- 20 Багрянский, К.В. Теория сварочных процессов / К.В Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. - Киев.: Высш.Шк., 1976. – 424 с.
- 21 Сварка в СССР / под ред. В.А. Винокурова: в 2 т. : - М.: Наука, 1981. - Т.2. – 540 с.
- 22 Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		88

23 Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.

24 Верховенко Л.В. Справочник сварщика / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин.: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.

25 Чвертко, А.И. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки / А.И.Чвертко, В.Е. Патон, В.А. Тимченко. – М.: Машиностроение, 1981. –264 с.

26 Толстов, И.А. Повышение работоспособности инструмента горячего деформирования / И.А. Толстов, А.В. Пряхин, В.А. Николаев.– М. : Metallurgy, 1990. – 143 с.

27 Крагельский, И.В. Трение и износ в машинах / И.В. Крагельский. – М.: Машгиз, 1962. – 382 с.

28 Потапов, Н.Н. Основы выбора флюсов при сварке сталей/ Н.Н. Потапов.– М.: Машиностроение, 1979. – 168 с.

29 Винокурова, В.А. Справочник сварка в машиностроении: В 4-х т. / под ред. В.А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979.

Т.1. – 504с.

Т.2.- 462с.

Т.3. – 567с.

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

31 [http://www.techgaz.ru/svarochnye_gazovye_smesi.html]

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		89

Приложение А

					<i>ДП 44.03.04.614 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90