

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт (факультет) «Машиностроения» _____
Кафедра «Сварка, ОМД и родственные процессы»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой В.В.Ельцов

_____ 2016г.
«___» _____

ЗАДАНИЕ

на бакалаврскую работу

Студент Казанцев А. А.

1. Тема проекта «Технология сборки и сварки неповоротных стыков труб диаметром 80-120 мм из сплава АМг-6 на лабораторном стенде»
2. Срок сдачи студентом законченного проекта 01.06.2016г
3. Исходные данные к проекту: конструкция трубопровода, диаметр трубы от 80 до 120 мм, материал АМг-6, толщина от 1,0 до 3,0мм, соединение – стыковое, применить сварку W-Al в Ag на переменном токе. Использовать лабораторный стенд.
4. Содержание пояснительной записки.

Введение (доказать актуальность темы и сформулировать цель проекта).

1. Анализ конструкции трубопровода, исходных данных и известных решений. (Сформулировать задачи проекта).
2. Выбор способа сварки.
3. Доработка оборудования для технологического процесса сварки неповоротного стыка из оборудования кафедры СОМДиРП.
3. Проектирование сварочного поста.
4. Разработка технологического процесса сборки и сварки.
5. Безопасность и экологичность проекта
6. Экономическое обоснование проекта

Заключение.

Список используемой литературы

Приложения

5. Перечень графического и иллюстрированного материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Общий вид сварочного поста – 1 лист

2. Анализ способов сварки неповоротных стыков из сплава Al – 1 лист

3. Технологический процесс сварки - 2 листа

4. Центратор – 1 лист

5. Схема сварки неповоротного стыка - 1 лист

6. Схема включения оборудования для сварки - 1 лист

8. Экономическое обоснование проекта – 1 лист

6. Консультанты по разделам

1. Безопасность и экологичность проекта: ст. препод. кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью» И.В. Резникова

2. Экономическое обоснование проекта: д.э.н., доцент кафедры «Управление инновациями и маркетинг» И.В. Краснопевцева

3. Нормоконтроль проекта: к.т.н., доцент кафедры ДиИГ секция «Инженерная графика» В.Г. Виткалов

7. Дата выдачи задания «27» 04. 2016г.

Руководитель ,бакалаврской работы _____ Г.М. Короткова
(личная подпись) (инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению _____ А.А. Казанцев
(личная подпись) (инициалы, фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)
СОМДиРП
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой _____ СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента **Казанцева Александра Алексеевича** _____

по теме **«Технологии сборки и сварки неповоротных стыков труб диаметром 80-120мм из сплава АМГ-6 на лабораторном стенде»** _____

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Аналитический обзор состояния вопроса	01.03.16 по 13.03.16	01.03.16 по 13.03.16		
Разработка технологии и оборудования для сварки трубопровода	21.03.16 по 21.04.16	21.03.16 по 21.04.16		
Безопасность и экологичность процесса	03.05.16 по 15.05.16.	03.05.16 по 15.05.16.		
Технико-экономическое обоснование процесса	16.05.16 по 30.05.16	16.05.16 по 30.05.16		
Разработка и оформление графической части ВКР	22.04.16 по 30.05.16	22.04.16 по 30.05.16		
Подготовка доклада по ВКР	20.05.16 по 30.05.16	20.05.16 по 30.05.16		

Руководитель бакалаврской работы

Г.М. Короткова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.А. Казанцев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Аннотация

В данной бакалаврской работе разработан технологический процесс сварки неповоротного стыка трубы диаметром 110мм из алюминиевого сплава.

Проведен анализ способов сварки, анализ оборудования кафедры СОМДиРП на основании чего выбрано оборудование для проведения лабораторных работ.

Проведет анализ опасных и вредных факторов при сварке неплавящимся электродом.

В экономической части произведен расчет затрат на проведение лабораторных работ.

Выпускная квалификационная работа содержит графическую часть, состоящую из 8 листов формата А1, пояснительную записку на 64 страницах, 32 рисунков, 24 таблиц.

Содержание

Введение.....	7
1. Описание конструкции трубопровода из сплава АМг-6.....	9
1.1 Технологический трубопровод.....	9
1.2 Свойства металла.....	11
1.3 Анализ способов сварки неплавящимся электродом на переменном токе.....	13
2. Базовая технология сборки и сварки неповоротного стыка труб.....	18
3. Выбор сварочного оборудования для сварки неповоротного стыка в условиях кафедры СОМДиРП.....	22
3.1 Выбор головки для автоматической сварки неповоротного стыка.....	22
3.2 Обоснование выбора источника питания переменного тока.....	24
3.3 Анализ источников питания переменного тока.....	25
4. Разработка технологического процесса сварки неповоротного стыка для лабораторной работы по дисциплинам кафедры.....	34
4.1 Технологический процесс изготовления центратора из раствора NaCl и CaCl.....	36
4.1 Особенности сварки неповоротного стыка.....	38
4.2 Разработка схемы соединений лабораторной установки.....	42
5. Безопасность и экологичность технологического объекта.....	45
6. Экономическое обоснование работы.....	53
Заключение.....	62
Список использованной литературы.....	63

Введение

Современное состояние экономики не позволяет выделять средства для развития высшего образования. Последний приказ ректора ТГУ призывает систематизировать расходы кафедр на образовательные процессы.

Однако учебный план по подготовке прикладных бакалавров по направлениям «Машиностроения» профиля «Оборудование и технология сварочного производства» предполагает проведение лабораторных работ по таким дисциплинам, как «Технология сварки плавлением», «Источники питания для сварки», «Автоматизация сварочных процессов», «Производство сварных конструкций».

На постановку лабораторных работ, связанных с применением новых сварочных автоматов, источников питания, материалов, ТГУ средств не предусматривает на ближайшее время. Поэтому для изучения вопросов связанных с технологией сварки поворотных и неповоротных стыков труб кафедре приходится искать другие пути решения.

Один из вариантов решения этой проблемы является создание междисциплинарной лабораторной работы из отдельных узлов и автоматов которыми в настоящее время располагает кафедра СОМДиРП.

Учитывая, что в 2015 году кафедра открыла магистратуру по направлению «Машиностроение» «Производство, диагностика и ремонт сварных конструкций и деталей газо-нефтехимического оборудования», в которой технология сварки трубопровода занимает большой объем, постановка новых лабораторных работ становится актуальной.

В настоящее время в промышленности и в строительстве широко внедряются трубопроводы для транспортировки углеводорода, отработанных газов, а также продуктопроводов.

Цель выпускной квалификационной работы – уменьшить затраты на организацию и постановку новой лабораторной работы по сварке трубопровода.

1. Описание конструкции трубопровода

Трубопроводы из алюминиевых сплавов применяются в авиационной и судостроительной промышленности. Номенклатура выпускаемых изделий труб отечественных производителей разнообразна по диаметру и толщине. В данной работе рассматривается диаметр труб размером от 80 до 120 мм с толщиной стенок от 1 до 5 мм (наличие материала на кафедре).

Известно, что сварка тонкостенных трубопроводов сопровождается деформациями. Известно также, что при сварке труб толщиной 2мм распространенным дефектом являются прожоги. Поэтому прежде чем выбирать способ сварки и оборудование для этого необходимо провести анализ способов сварки.

Из всех существующих методов для сварки неповоротных стыков труб наиболее перспективным является сварка W-Al в среде защитных газов. Поэтому анализ способов сварки следует проводить для этих способов.

Различные пространственные условия формирования металла шва в различных участках неповоротного стыка требуют своих режимов сварки, чтобы получить равномерные швы по всему диаметру трубы. Особенность сварки неповоротного стыка состоит в том, что в различных пространственных положениях действуют на сварочную ванну различно. Это может быть обеспечено созданием установки с автоматическим изменением параметров режима сварки по заранее разработанным программам.

1.1 Технологические трубопроводы

Технологическими называют трубопроводы промышленных предприятий, по которым транспортируются сырье, полуфабрикаты и готовые продукты, пар, вода, топливо, реагенты и другие материалы, обеспечивающие выполнение технологического процесса и эксплуатацию оборудования, отработанные реагенты и газы, различные промежуточные продукты, полученные или использованные в технологическом процессе, отходы производства.

В зависимости от размещения на промышленном объекте технологические трубопроводы подразделяют на внутрицеховые, соединяющие агрегаты и машины технологических установок цеха, и межцеховые, соединяющие технологические установки разных цехов. Внутрицеховые трубопроводы называются обвязочными, если они устанавливаются непосредственно в пределах отдельных аппаратов, насосов, компрессоров и др. и соединяют их.

Технологические трубопроводы делятся на пять категорий в зависимости от характера транспортируемой среды, рабочего давления и рабочей температуры. Категория трубопровода устанавливается проектом. Технологические трубопроводы считаются холодными, если они работают при среде, имеющей рабочую температуру $T_p < 50$ °С, и горячими, если температура рабочей среды $T_p > 50$ °С.

В зависимости от условного давления среды трубопроводы подразделяются на вакуумные, работающие при абсолютном давлении среды ниже 0,1 МПа, низкого давления, работающие при давлении среды от 0,1 до 1,6 МПа или от 0 до 1,5 МПа, среднего давления, работающие при давлении среды от 1,5 до 10 МПа. Безнапорными называются трубопроводы, работающие без избыточного давления.

В зависимости от степени агрессивности транспортируемой среды трубопроводы подразделяются на три группы: с неагрессивной и малоагрессивной средой (скорость коррозии менее 0,1 мм/год), со среднеагрессивной средой (скорость коррозии 0,1 - 0,5 мм/год) и с высокоагрессивной средой (скорость коррозии более 0,5 мм/год). В зависимости от максимального рабочего давления газа газопроводы и газоустановки бывают: низкого давления (при $p_p < 0,015$ МПа и при $0,015$ МПа $< p_p < 0,1$ МПа), среднего давления (при $0,1$ МПа $< p_p < 0,3$ МПа) и высокого (при $0,3$ МПа $< p_p < 0,6$ МПа и при $0,6$ МПа $< p_p < 1,2$ МПа).

Проектирование, изготовление и монтаж технологических и городских трубопроводов производится в соответствии с техническими регламентами и

правилами Госгортехнадзора. Исключение составляют трубопроводы с невысокими параметрами среды, например, для пара при рабочем давлении до 0,2 МПа; для воды с температурой до 120 °С; временно установленные трубопроводы со сроком до 1 года и некоторые другие.

К трубопроводам, предназначенным для транспортирования огне- и взрывоопасных, а также токсичных или радиоактивных сред, предъявляются высокие требования в отношении безопасности, непроницаемости и долговечности материалов корпусных деталей и герметичности по отношению к внешней среде.

1.2 Свойства материала

Сплав АМг-6 - относится к системе Al-Mg. Он имеет высокие пластические характеристики, как при комнатной, так и при повышенных температурах, и обладает высокой коррозионной стойкостью в различных средах, в том числе и в морской воде. Это, а также хорошая свариваемость сплава предопределяет широкое применение его в судостроении. Несмотря на довольно значительное увеличение растворимости магния в алюминии при повышении температуры, упрочнение при закалке сплава АМг-6 весьма незначительно, поэтому сплав АМг-6 как и другие сплавы группы магния (АМг2, АМг3,5) относятся к термически не упрочняемым [1,2,3].

Полуфабрикаты из сплава АМг-6 поставляются обычно в отожженном состоянии. Отжиг производится при сравнительно невысоких температурах (310-335 ° С) с охлаждением на воздухе. При более высоких температурах отжига повышается склонность к коррозии, поэтому для полуфабрикатов низкотемпературный отжиг имеет особое значение. Марганец несмотря на довольно узкий диапазон содержания в сплаве существенно влияет на его механические свойства. Так при содержании Mn на верхнем пределе (0,8%) при прочих равных условиях прочностные свойства на 2-3 кг/мм² выше, чем при содержании Mn на нижнем пределе (5%).

Значительное упрочнение профилей из сплава АМг-6 может быть достигнуто в результате холодной деформации. Так правка растяжением в пределах применяемых на практике степени деформации (2-3%) не оказывая заметного влияния на предел прочности профилей из сплава АМг-6, значительно повышает предел их текучести. Относительное удлинение при этом понижается менее интенсивно, чем у других сплавов.

Следует отметить, что такой характер изменения механических свойств профилей из сплава АМг-6 при правке растяжением наблюдается независимо от условий отжига, предшествовавшего правке. Эффект полученный при холодном упрочнении при сварке значительно уменьшается. Это сужает область применения нагартовочных полуфабрикатов, их в основном используют для изготовления элементов, скрепляемых заклепочными или болтовыми соединениями.

Химический состав сплавов АМг-6 и его механические свойства приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1.1 Химический состав сплава АМг-6

Сплав	Химический состав, %										
	Si	Mn	Ni	Cr	Fe	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примеси
АМг-6	до 0,4	0,5-0,8	-	-	до 0,4	0,02-0,1	91,1-93,6	до 0,1	5,8-6,8	до 0,2	Прочие, каждая 0,05

Таблица 1.2 Механические и физические свойства сплава АМг-6

Сплав	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{т}$, МПа	σ_{5} , %	ψ , %	КСУ, кДж / м ²	НВ10 ⁻¹ , МПа	E10 ⁻⁵ , МПа	ρ , кг/м ³	R 10 ⁹ ₂ Ом·м
АМг-6	314	157	15	-	-	65	0,71	2640	67,3

Анализ свойств сплава АМг-6 показал, что сплав хорошо сваривается.

1.4 Анализ способов сварки W-Al в среде аргона на переменном токе

Сварка неплавящимся электродом в среде аргона сжатой дугой на переменном токе

Сварка сжатой дугой на переменном токе применяется при изготовлении изделий из алюминия и его сплавов. Пятну нагрева при сварке сжатой дугой может быть придана различная форма путем применения специальных сопел. Если необходимо иметь пятно нагрева вытянутой формы, то в сопле делают два дополнительных отверстия. Через них поступает холодный плазмообразующий газ. Он уменьшает поперечный размер пятна нагрева и придает ему вытянутую форму. При сварке таким соплом зона термического влияния сужается, а скорость сварки возрастает на 50... 100 %. Соплом с дополнительными отверстиями создают фокусирующий газовый поток, направленный под углом к оси столба дуги и дополнительно сжимающий дугу [4,5].

При плазменной сварке применяют сварочный ток силой 3...300 А, напряжение дуги 20...25 В, средняя скорость сварки составляет 30...50 м/ч. Расход аргона в 5...6 раз меньше, чем при сварке свободной дугой. Сжатой дугой сваривают детали толщиной 0,01...10 мм, отношение глубины проплавления к ширине шва (коэффициент формы шва) составляет 3:1 при толщине свариваемых кромок 3...10 мм.

Расход плазмообразующего газа устанавливают таким, чтобы его истечение из сопла было спокойным, без завихрений. Давление плазменной струи на поверхности сварочной ванны не должно приводить к нарушению формирования шва.

Сжатой дугой сваривают встык за один проход без разделки кромок и без присадки листы толщиной до 9,5 мм и в отдельных случаях - до 13 мм. В этих случаях сжатая дуга особенно эффективна. Сжатой дугой можно сваривать практически в любом пространственном положении. При сварке листов толщиной до 25 мм требуется V- или (/)-образная разделка кромок. Для предохранения металла шва от окисления обратную сторону шва рекомендуется защищать инертным газом. Для этого применяют подкладные планки с канавками.

При сварке сжатой дугой кроме общеизвестных параметров режима дуговой сварки назначают диаметр сопла плазмотрона, а также состав и расход плазмообразующего газа.

При сварке труб сжатая дуга резко повышает производительность. Замена аргонодуговой сварки открытой дугой на сварку сжатой дугой труб с толщиной стенки 2,3...7,0 мм увеличивает скорость сварки на 50...200 %.

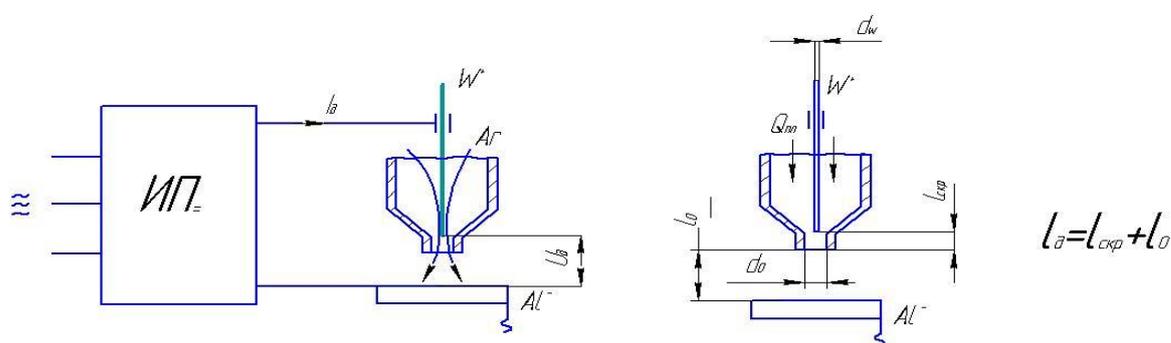


Рис 1.1 - Схема сварки сжатой дугой неплавящимся электродом

Достоинства способа:

- высокая стабильность и устойчивость сжатой дуги, в том числе на малых токах, при увеличенной длине дуги, на любой полярности тока;
- высокая универсальность выбора режима;
- высокая концентрация тепловвода уменьшает объем расплавляемого основного и присадочного металла, уменьшает в ряде случаев количество дефектов в шве, снижает сварочные деформации;
- отсутствие включений вольфрама в сварном шве;
- возможность формирования шва без усиления или ослабления, заподлицо с основным металлом.

Недостатки способа:

- Малый ресурс работы горелки;
- Сложность настройки длины дуги

Сварка неплавящимся электродом в среде аргона непрерывной дугой на переменном токе

Данный метод используют для сварки стыковых швов при толщине материалов от 1 до 4 мм. Использование дуговой сварки вольфрамовым неплавящимся электродом в среде инертного газа для создания изделий большой толщины нерационально, так как из-за меньших (по сравнению со сваркой металлическим плавящимся электродом) концентраций тепла она идет значительно медленнее, с большим числом последовательно накладываемых слоев и с более широкими зонами термического влияния [5,6].

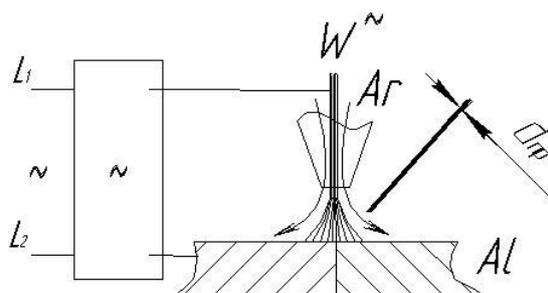


Рис 1.2 - Схема сварки однофазной дугой неплавящимся электродом

Достоинства:

- Доступность способа;
- Хорошая очистка поверхности Al сплава от Al_2O_3

Недостатки:

- Трудоемкость предварительной очистки поверхности Al сплава от Al_2O_3

Сварка неплавящимся электродом в среде аргона в импульсном режиме на переменном токе

Сущность импульсного процесса сварки состоит в том, что плавление металла производится дугой, горящей отдельными, периодически возникающими импульсами с определенными кратковременными интервалами во времени. Для обеспечения стабильности повторных возбуждений при использовании импульсной сварки применяются вспомогательные источники питания непрерывно горящей маломощной дуги, получившей название дежурной дуги [7].

Два одновременно действующие и регулируемые источника энергии позволяют эффективно управлять вводом тепла в свариваемый металл, обеспечивая тем самым высококачественную сварку тонколистовых сталей за счёт уменьшения зоны термического влияния, снижения количества трещин и пор в сварном шве.

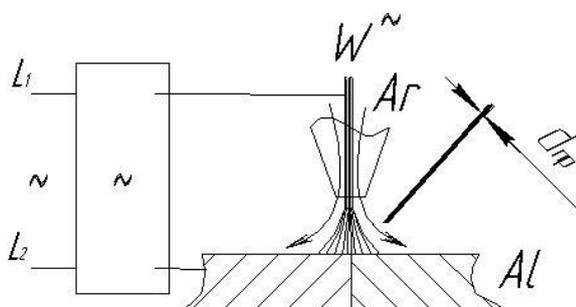


Рис 1.3 - Схема сварки в импульсном режиме

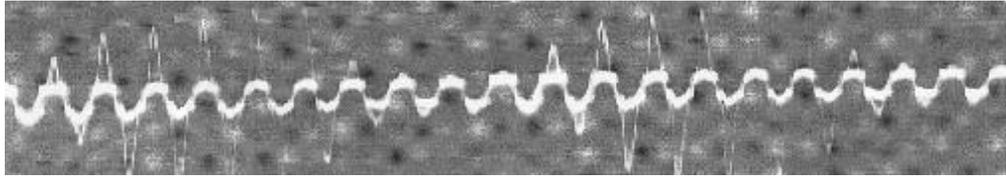


Рис 1.4 - Осциллограмма сварочного процесса при параметрах сварки

Достоинства:

- Хорошее качество сварного шва
- Возможность работы с малыми толщинами
- Высокая стабильность горения дуги
- Минимальное разбрызгивание металла шва
- Отсутствие пористости

Недостатки:

- Малая производительность ($V_{св}=10-12$ м/ч);
- Сложность обслуживания источника питания

Проведя анализ способов сварки тонкостенных труб из алюминиевого сплава АМгб выбираем способ автоматической сварки в импульсном режиме в среде аргона неплавящимся электродом. В связи с этим должны решить следующие задачи:

- 1) Выбрать сварочное оборудование для автоматической сварки неповоротного стыка;
- 2) Разработать технологический процесс сварки неповоротного стыка для лабораторной работы;
- 3) Экономически обосновать результаты работы.

2. Базовая технология сборки и сварки

Рассматривается технология сварки неповоротного стыка технологического трубопровода из сплава АМг-6 неплавящимся электродом в среде аргона с присадочной проволокой св. АМГ-6.

Исходные данные: $D_{тр} = 110\text{мм}$, $S=2\text{мм}$, соединение – стыковое С2, сварка производится навесу, длина стыкуемых труб - 1800мм и 2500мм (ориентировочно), род тока – переменный, ввод тепла – импульсный, сварка автоматическая по программе, сварочная проволока – СвАМг6, вольфрамовый электрод – ЭВЧ.

Таблица 2.1 – Режимы сварочного процесса

Единицы измерения	Единица измерения	Значение параметра
Ток дуги, I_d	А	130-140
Напряжение дуги, U_d	В	20
Скорость присадочной проволоки, $V_{п.п.}$	м/ч	54
Скорость сварки, $V_{св.}$	м/ч	12
Расход аргона, $Q_{ар}$	л/мин	12
Диаметр электрода, $d_{эл.}$	мм	2
Вылет электрода, $b_{эл.}$	мм	1,5
Диаметр присадочной проволоки, $d_{п.п.}$	мм	2

Материал трубопровода должен отвечать ряду требований и соответствовать действующим ГОСТам [5,8,9].

Известно, что сплавы Al покрыты оксидной пленкой Al_2O_3 , которую необходимо удалить. Для очистки образцов от оксидной пленки их подвергают химической обработке, включающей в себя несколько этапов.

Кромки зачищают металлическими щетками и обезжиривают при помощи ветоши, предварительно смоченной в органическом растворителе (уайт-спирит, бензин и т.п.)

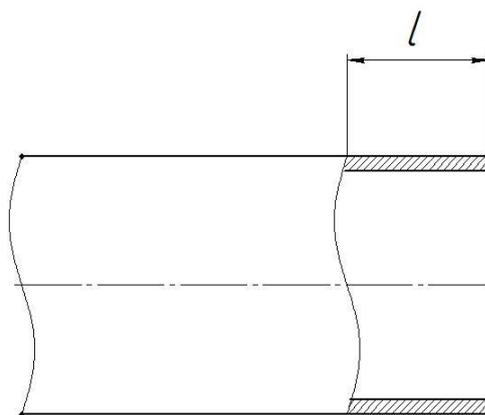


Рис 2.2 – Процесс зачистки от пленки

Далее образцы подвергают травлению. Детали погружают в 5%-ный раствор NaOH или KOH, предварительно нагретый до 60-70⁰C. Выдерживают около 2-4 минут, затем обмывают горячей и холодной водой, выполняя очистку волосяными щетками.

Образцы подвергают процессу пассивирования в 20%-ной азотной кислоте HNO₃, нагретой до температуры 60-70⁰C. Затем образцы промывают в горячей, потом - в холодной воде и тщательно просушивают подогретым воздухом (рис 2.3).

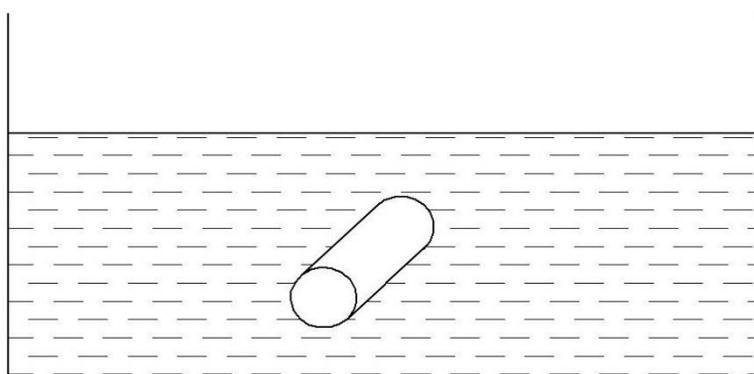


Рис 2.3 – Схема травления и пассивирования труб

После травления труб сборка стыка трубопровода производится по месту. Предварительно на трубу одевается автоматическая головка

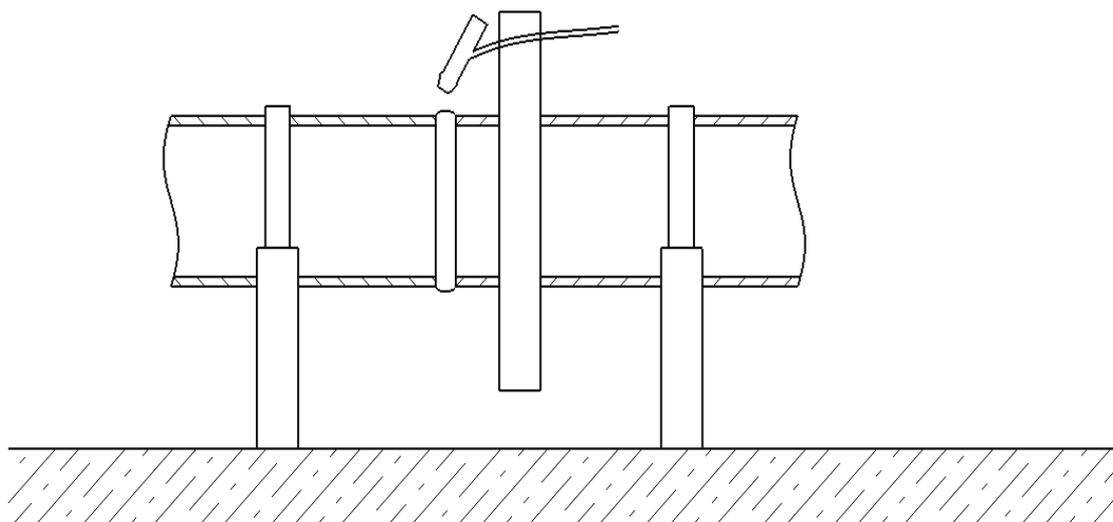


Рис 3.4 – Процесс сборки стыка трубопровода

Образцы центрируют при помощи цепного центратора ЦМ-1. Устанавливают сварочную головку согласно чертежам. На блоке управления устанавливают режим сварочного процесса. Активируется подача защитного газа. После ионизации промежутка шва автоматически включается сварочный ток и скорость сварки.

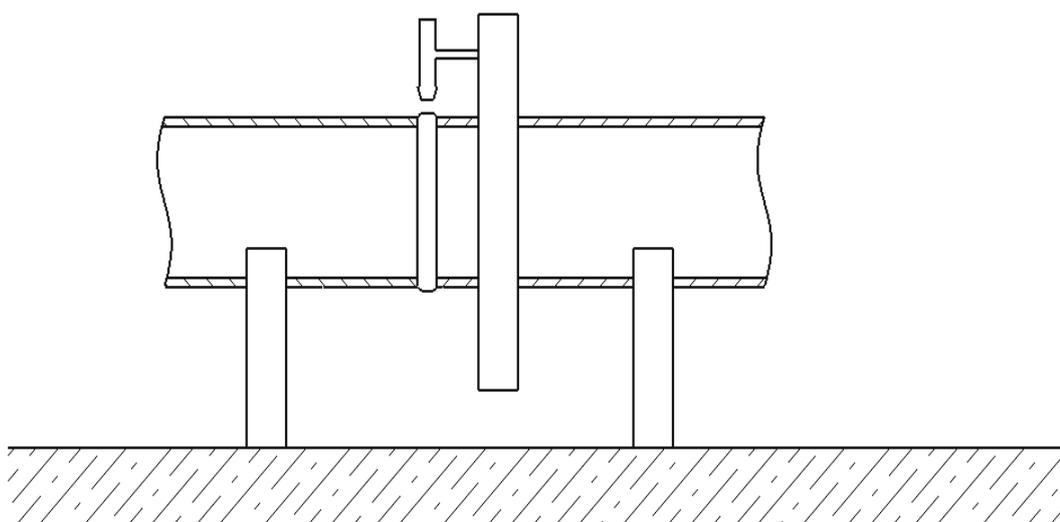


Рис 3.5 – Процесс сварки трубопровода

Готовые образцы подвергают контролю качества. Весь сварной шов контролируется визуальным способом и с помощью рентгена.

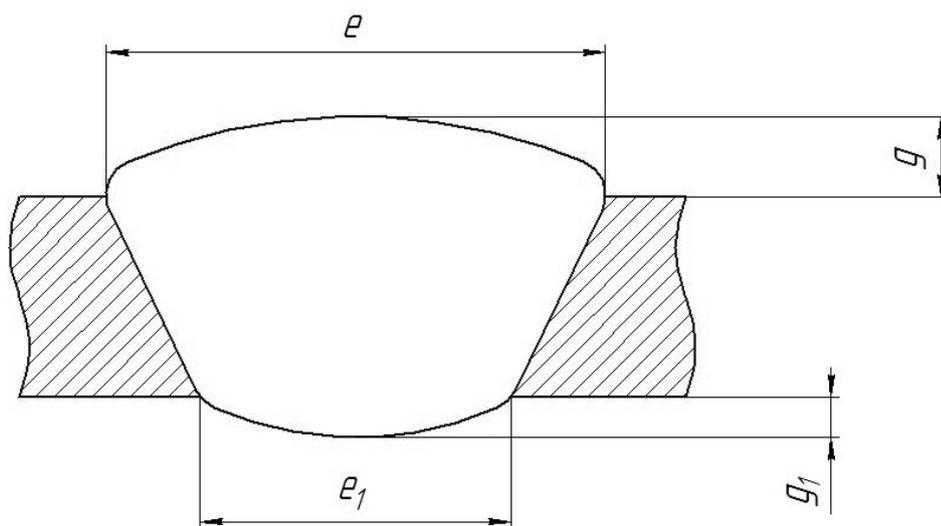


Рис 3.6 – Контроль качества

3. Выбор сварочного оборудования для сварки неповоротного стыка в условиях кафедры СОМДиРП

3.1 Сварочная головка ГНС-140

Головка ГНС-140 предназначена для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом неповоротных стыков труб диаметром от 18 до 220мм. Позволяют повысить производительность труда при проведении сварочных работ, добиться высокого качества сварных соединений при проведении сварки в любых пространственных положениях, даже при относительно невысокой квалификации персонала.

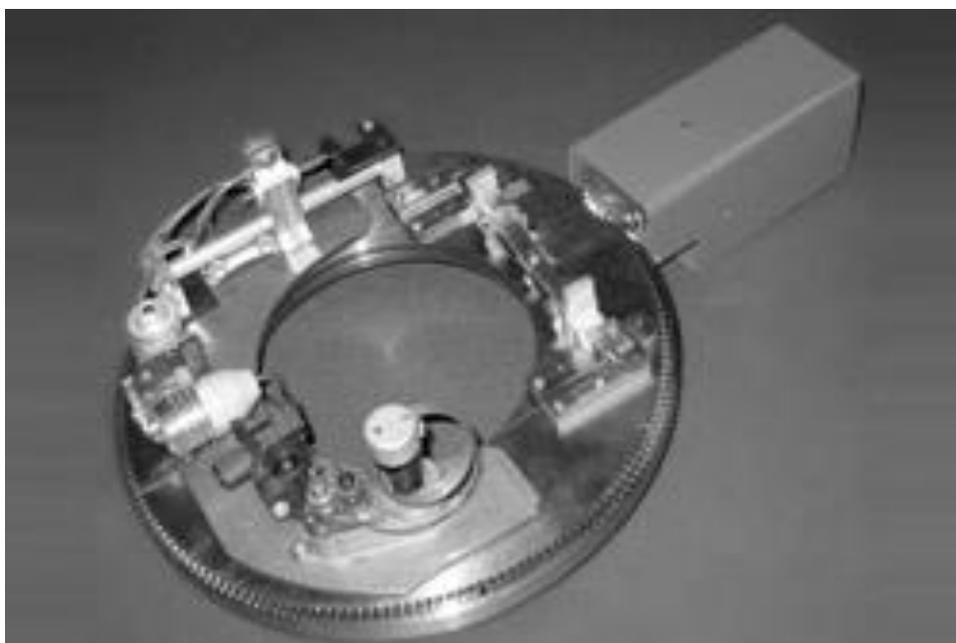


Рис 3.1 - Фото сварочной головки ГНС-140

Таблица 3.1 - Технические характеристики сварочной головки ГНС-140

Диаметры свариваемых труб, мм	105-140
Установочная база, мм	25-98
Радиус вращающихся частей, мм	40-195
Максимальный сварочный ток, А	200

Продолжение таблицы 3.1

Точность регулировочных перемещений, мм	0,05
Автоматическое слежение за длиной дуги	есть
Наличие автоматизированного цикла сварки	есть

Сварочная головка ORBIWELD 115

ORBIWELD 115 используется для сварки труб с увеличенной толщиной стенки, в связи с этим головка обладает повышенной термостойкостью. Специально спроектированы каналы воды полностью проходят по корпусу головки, обеспечивая эффективное охлаждение. Это делает возможным непрерывный цикл сварки при больших токах и защиту сварного шва благодаря системе обдува защитного газа.



Рис 3.2 – Внешний вид сварочной головки ORBIWELD 115

Таблица 3.2 – Технические характеристики сварочной головки ORBIWELD

115

Диаметры свариваемых труб, мм	20-115
Максимальный сварочный ток, А	200
Точность регулирования	0,1

Из двух представленных сварочных головок, для сварки нашего изделия больше подходит головка ГНС-140. Так как она достаточно простая в настройке и управлении, так же ГНС-140 не нуждается в дорогостоящем обслуживании.

3.2 Обоснование выбора источника питания

Основной особенностью сварки алюминиевого сплава АМг-6 является окисная пленка Al_2O_3 температура плавления которой равна $T_{пл}=2030^{\circ}C$, её плотность больше, чем у алюминия, что значительно затрудняет сплавление кромок стыка и способствует загрязнению металла шва.

Однако сварка алюминия на переменном токе позволяет разрушать окисную пленку. На обратной полярности $W^+ - Al^-$ происходит разрушение окисной пленки, на прямой полярности $W^- - Al^+$ осуществляется плавление металла. Схема процесса сварки на переменном токе показана ниже.

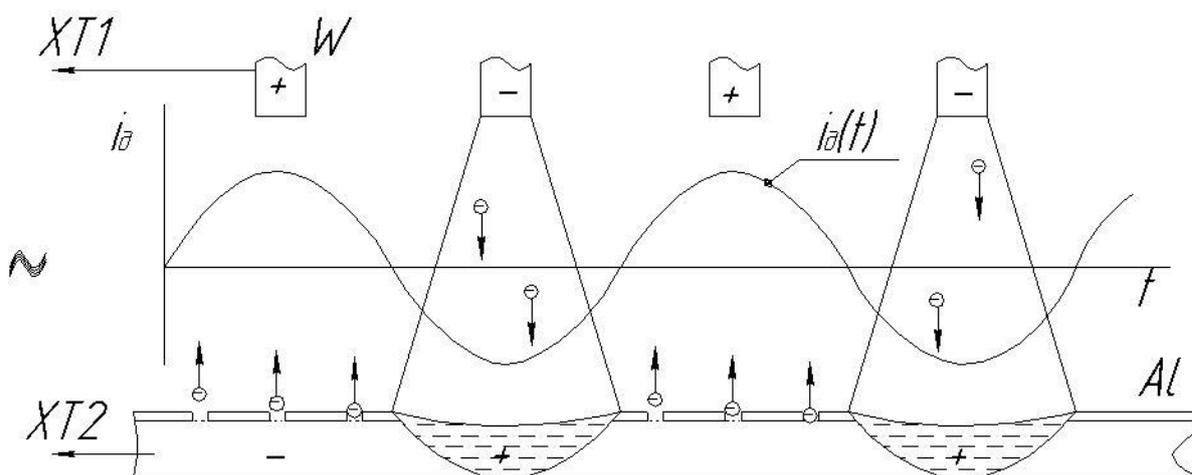


Рис 3.8 Схема разрушения окисной пленки при сварке алюминиевых сплавов на переменном токе

Сложность сварки алюминия на переменном токе заключается в погасании дуги, при прохождении синусоиды через ноль. В таком случае продолжать процесс сварки становится невозможным. Для предотвращения погасания дуги в электрическую цепь включают осциллятор, возбуждающий сварочную дугу в промежутки прохождения синусоиды через ноль.

3.3 Анализ источников питания переменного тока

ИСВУ-100У2

Предназначен для автоматической, полуавтоматической, ручной непрерывной и импульсной (пульсирующей) электродуговой сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов в аргоне [10-14].



Рис 3.3 – Внешний вид источника питания ИСВУ-100У2

Таблица 3.3 – Технические характеристики ИСВУ-100У2

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Номинальный сварочный ток при длительности цикла 60 мин	А	400
Продолжительность включения	(ПВ),%	40
Диапазон регулирования сварочного тока	А	30 - 400
Диапазон регулирования дежурного тока	А	20 - 100
Номинальное рабочее напряжение	В	36
Диапазон регулирования длительности импульса и паузы	с	0,1 - 2
Потребляемая мощность	кВА, не более	37
Расход воды	м ³ /с	-
Габаритные размеры	мм	960x590x800
Масса	кг, не более	280

Достоинства:

- Возможность подключения дистанционного пульта пульсирующей сварки ППС-01 и плавная регулировка тока импульса, тока паузы и периода импульсов
- Работа в двух режимах «длинные или короткие швы»
- Защита трансформатора от тепловой перегрузки
- Быстроразъемные, безопасные токовые разъемы
- Класс изоляции Н по ГОСТ 8865-70

- Принудительное охлаждение

Недостатки:

- Большой расход активных материалов (2,5 кг на 1А)
- Элементарная база снята с производства (сложность в обслуживании)

ИПК-350

Источник питания типа ИПК-350 предназначен для сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов в непрерывном режиме. Источник обладает пультом дистанционного управления и позволяет плавно регулировать величину тока. Мощность ИПК-350 позволяет сваривать от 1,5 до 5мм. Характеристики представлены в таблице.

Таблица 3.4 – Технические характеристики ИПК-350

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Номинальный сварочный ток при длительности цикла 60 мин	А	350
Диапазон регулирования сварочного тока	А	50-350
Номинальное рабочее напряжение	В	36
Габаритные размеры	мм	900x600x1650
Масса	кг, не более	350



Рис 3.4 – Внешний вид ИПК-350

Однако использовать его для сварки нецелесообразно, так как работать он может только в непрерывном режиме.

Достоинства:

- Высокая надежность
- Плавное переключение величины тока

Недостатки:

- Большой расход активных материалов (2,5А на 1 кг оборудования)
- Большие габариты

УДГУ-101У2

Установка предназначена для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на переменном токе алюминия и его сплавов, а также для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на переменном токе.



Рис 3.5 – Внешний вид УДГУ-101У2

Таблица 3.5 – Технические характеристики УДГУ-101У2

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Номинальный сварочный ток при длительности цикла 60 мин	А	100
Диапазон регулирования сварочного тока	А	8-100
Номинальное холостого хода	В	75
Габаритные размеры	мм	600x550x900
Масса	кг, не более	350

Достоинства:

- Широкий диапазон плавного регулирования сварочного тока
- Не имеет водоохлаждаемых элементов

Недостатки:

- Изготовлен студентами и преподавателями и поэтому внешний вид не может конкурировать с промышленными
- Большой расход активных материалов (2,5А на 1 кг оборудования)

ТИР-300

Разработка НИКИМТ для сварки Al сплавов, однако может использоваться и для сварки на постоянном токе. ТИР-300 позволяет плавно регулировать ток от 5 до 300А дистанционно обеспечивая повышенную проплавляющую способность за счет изменения синусоидальной формы тока на прямоугольную.



Рис 3.6 Внешний вид ТИР-300

Таблица 3.6 – Технические характеристики ТИР-300

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Номинальный сварочный ток	А	300
Диапазон регулирования сварочного тока	А	10-310

Продолжение таблицы 3.6

Номинальное холостого хода	В	68
Габаритные размеры	мм	1230x620x1000
Масса	кг, не более	480

Достоинства:

- Плавное регулирование тока в широком диапазоне
- Отсутствие стабилизатора дуги для переходе тока через 0
- Высокая проплавливающая способность
- Повышенный КПД

Недостатки:

- Охлаждение тиристоров
- Большой расход активных материалов за счет включения дросселя в сварочную цепь
- Повышенный уровень шума

Brima TIG 200P

Инверторная установка фирмы BRIMA используется для сварки алюминия и его сплавов на переменном токе и для сварки углеродистой, нержавеющей и легированной сталей на постоянном токе. Инвертор может работать в двух режимах: MMA и TIG.



Рис 3.7 – Внешний вид TIG 200P

Таблица 3.7 – Технические характеристики TIG 200P

Наименование параметра	Единица измерения	Количество
Номинальный сварочный ток	А	200
Диапазон регулирования сварочного тока	А	20-200
Номинальное холостого хода	В	56
Габаритные размеры	мм	493x330x320
Масса	кг, не более	31

Достоинства:

- Стабильная дуга
- Низкий уровень шума при сварке

- Плавное регулирование
- Малый расход активных материалов (0,3А на 1кг)

Недостатки:

- Высокая стоимость
- Сложность в обслуживании

Таким образом для сварки неповоротного стыка в лабораторных условиях выбрано следующее оборудование:

- 1) Лабораторный стенд с приспособлением для крепления неповоротного стыка;
- 2) Автоматическая сварочная головка ГНС-140;
- 3) Источник питания Brima Tig 200P работающий в непрерывном и импульсном режимах;
- 4) Горелка для сварки неплавящимся электродом с воздушным охлаждением.

4. Разработка технологического процесса сварки неповоротного стыка для лабораторной работы по дисциплинам кафедры

Рассматривается технология сварки неповоротного стыка технологического трубопровода из сплава АМГ-6 неплавящимся электродом в среде аргона с присадочной проволокой св. АМГ-6.

Исходные данные: $D_{тр} = 110\text{мм}$, $S=2\text{мм}$, соединение – стыковое С2, сварка производится навесу, длина стыкуемых труб - 1800мм и 2500мм (ориентировочно), род тока – переменный, ввод тепла – импульсный, сварка автоматическая по программе, сварочная проволока – СВАМГ6, вольфрамовый электрод – ЭВЧ.

Таблица 4.1 – Режимы сварочного процесса

Единицы измерения	Единица измерения	Значение параметра
Плотность электрода, j_w	А/мм ²	22,7
Ток дуги, I_d	А	130-140
Напряжение дуги, U_d	В	20
Скорость присадочной проволоки, $V_{п.п.}$	м/ч	54
Скорость сварки, $V_{св.}$	м/ч	12
Расход аргона, $Q_{ар}$	л/мин	7
Диаметр электрода, $d_{эл.}$	мм	2
Вылет электрода, $b_{эл.}$	мм	1,5
Диаметр присадочной проволоки, $d_{п.п.}$	мм	2

Образцы устанавливают в сборочное приспособление согласно заданной схеме базирования.

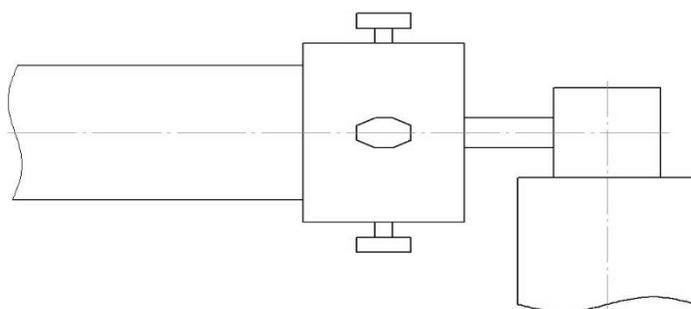


Рис 4.1 Процесс установки первого образца в сборочное приспособление

Приводят зажимные механизмы в активное положение. Далее в образец равномерно устанавливается центратор. Затем в стык соосно устанавливается второй образец.

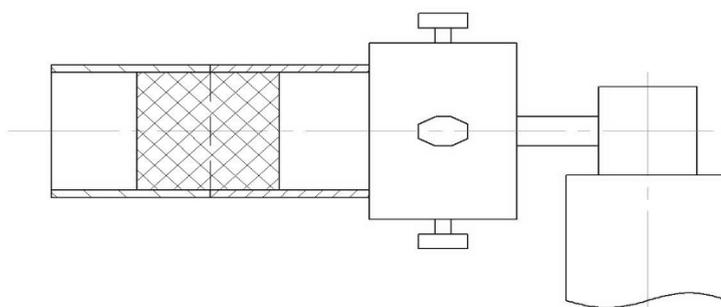


Рис 4.2 Процесс центрирования образцов

После центрирования на стык труб согласно чертежам устанавливается сварочная головка ГНС-140. На блоке управления устанавливается режим сварки (таблица 4.1). Активируется подача защитного газа и начинается процесс сварки.

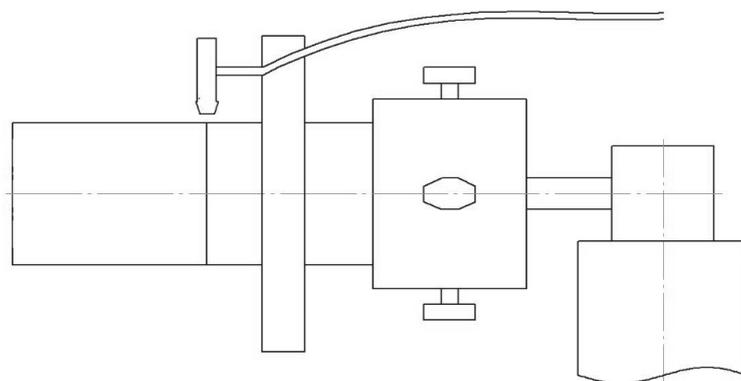


Рис 4.3 Процесс сварки

После сварки полученный образец промывают в ванне с водой в течении 10 минут, затем просушивают.

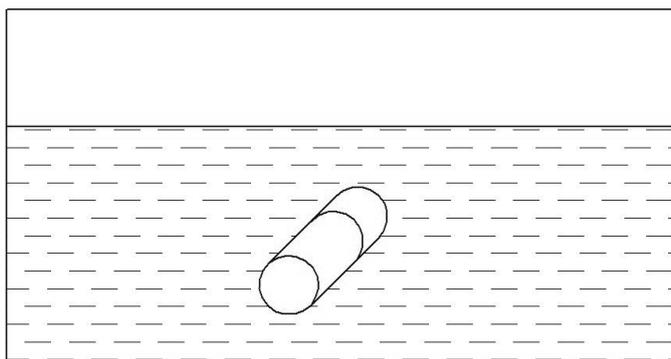


Рис 4.4 Процесс промывки образцов после сварки
Готовые образцы подвергают визуальному контролю качества.

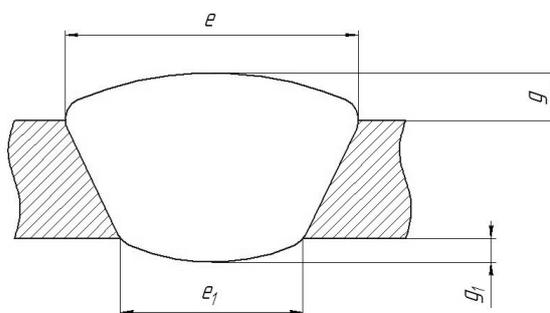


Рис 4.5 Визуальный контроль

4.1 Технологический процесс изготовления центриатора из раствора NaCl и CaCl

Для уменьшения затрат на центрирующее устройство было предложено изготовить центриатор из смеси солей NaCl и CaCl₂.

Для приготовления смеси соли нужно взять в пропорциях 45%NaCl+45%CaCl₂+10%H₂O и добавить в ванну.

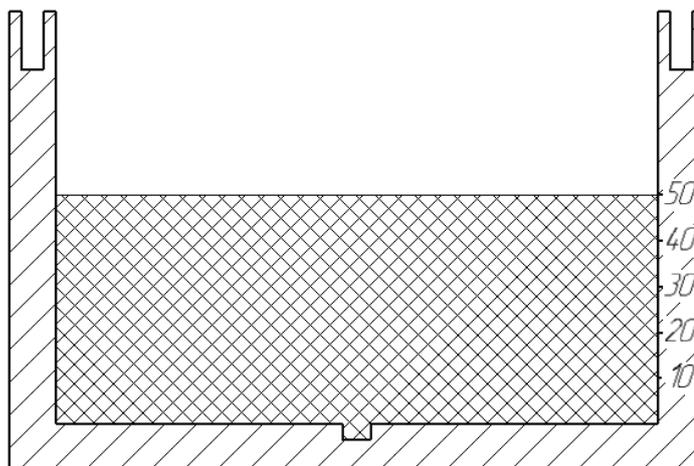


Рис 4.6 Процесс добавления солей и воды в ванну для изготовления центратора

Затем полученную смесь тщательно перемешивают в течении 5 минут. После получения нужной консистенции ванну накрывают крышкой, вставляя стержень для более удобного последующего извлечения центратора из приспособления.

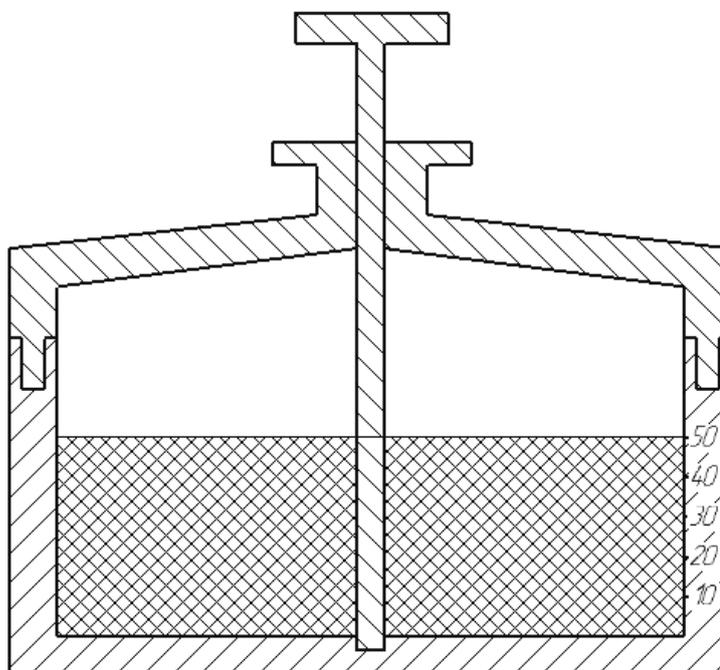


Рис 4.7 Процесс затвердевания центратора в приспособлении

В течении 30 часов из приготовленной в процессе испарения воды происходит затвердевание. После окончательного застывания центратор вынимают из ванны и равномерно устанавливают в изделие.

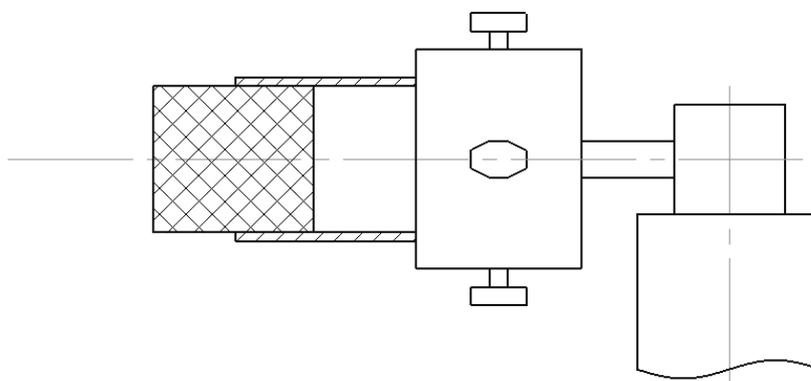


Рис 4.8 Установка изготовленного центратора в свариваемое изделие

4.2 Особенности сварки неповоротных стыков

К числу особенностей сварки алюминия относится резкое падение прочности при высоких температурах, что может привести к проваливанию твердого металла не расплавившейся части кромок под действием сварочной ванны, в связи с жидкотекучестью, алюминий может вытекать через корень шва [15,16].

Особенно эта проблема актуальна при сварке алюминиевых труб. Решается данная проблема путем выбора индивидуальной программы режимов сварки для каждого диаметра и толщины.

Рассмотрим силы действующие на расплавленный металл в четырех пространственных положениях

1. 1 положение - 0°
2. 2 положение - 90°
3. 3 положение - 180°
4. 4 положение - 270°

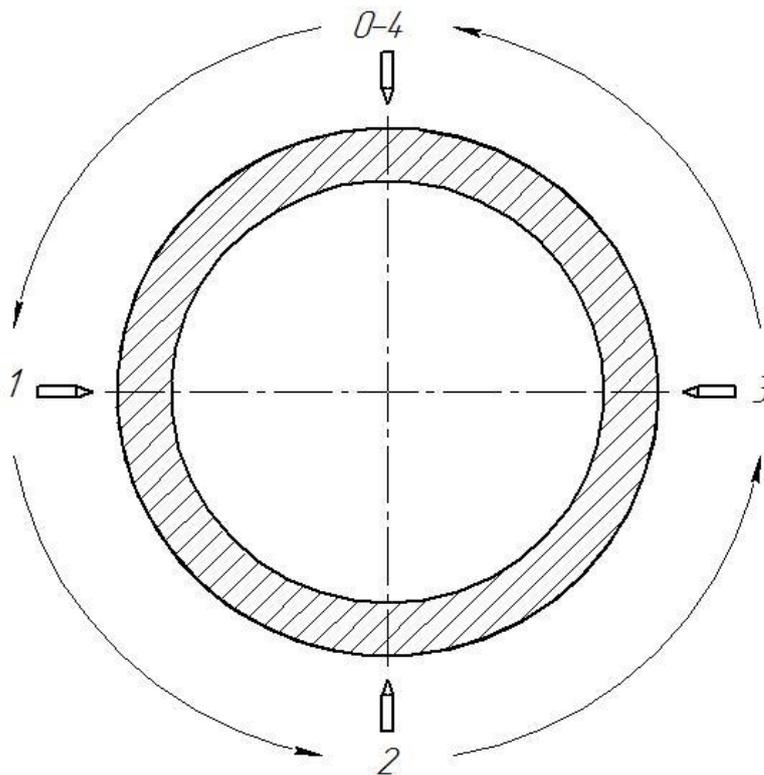


Рис 4.9 – Схема сварки неповоротного стыка

В рассматриваемых пространственных положениях на расплавленный металл действуют: сила тяжести P_{mg} , сила реакции опоры P_N , сила давления дуги P_i , сила давления защитного газа P_{ar} .

В положении 1 сумма всех действующих сил на расплавленный металл равна: $\sum P = P_N - P_i - P_{ar} - P_{mg}$

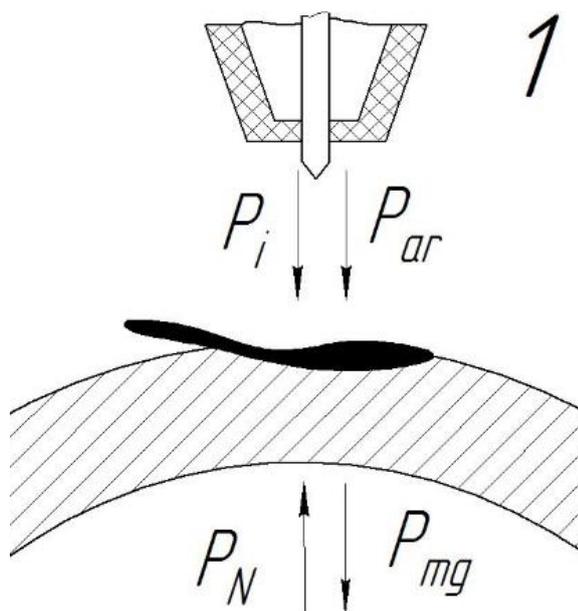


Рис 4.10 Положение 1

В положении 2 сумма действующих сил на расплавленный металл равна: $\sum P = P_i + P_{ar} - P_N - P_{mg} \cos \alpha$

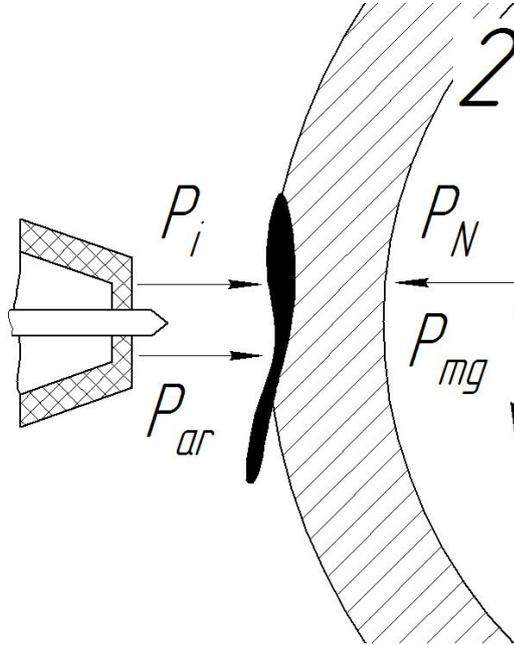


Рис 4.11 Положение 2

В положении 3 сумма действующих сил на расплавленный металл равна: $\sum P = P_N + P_{mg} - P_i - P_{ar}$

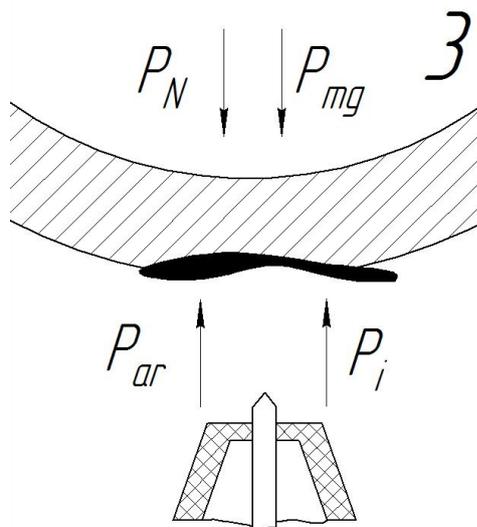


Рис 4.12 Положение 3

В положении 4 сумма действующих сил на расплавленный металл равна:

$$\sum P = P_N - P_i - P_{ar} + P_{mg} \sin \alpha$$

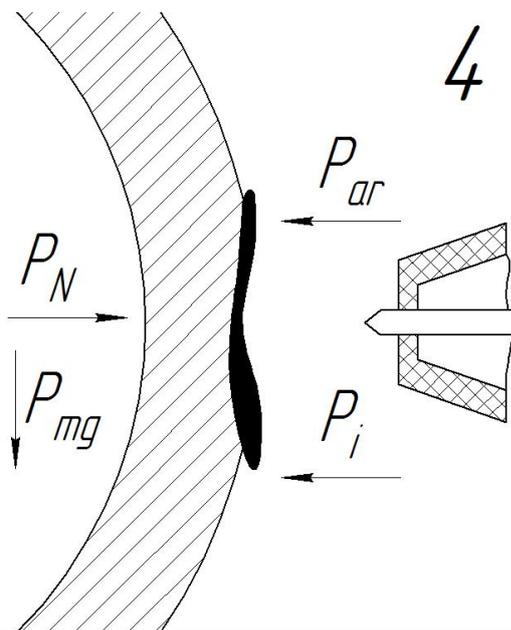


Рис 4.13 Положение 4

Таблица 4.2 Программа изменения силы тока в зависимости от пространственного положения

Пространственное положение, град	Сила тока, А
0	130
30	132
60	132
90	135
120	132
150	130
180	125
210	130
240	132
270	135
300	132
330	130

Разработанная программа позволяет контролировать расплавленный металл в нужных пропорциях и избежать стекания металла из сварного шва.

4.2 Разработка схемы соединений лабораторной установки

В ВКР разработана схема внешних соединений источника питания и управления электропривода.

Питание дуги при сварке W-Al производится от источника питания переменного тока. Питание ИП идет от силовой сети $U_1=380\text{В}$. Для начального возбуждения дуги последовательно в сварочную цепь включают генератор высокой частоты, питание которого происходит от сети $U=220\text{В}$.

Источник питания позволяет плавно регулировать величину тока от 20А до 200А. Ток дуги изменяется по синусоидальному закону.

Стабилизация повторных возбуждений дуги при смене полярности обеспечивает стабилизатор дуги с дополнительным источником питания, который входит в состав выбранного нами источника питания.

Головка ГНС-140 обеспечивает вращение горелки со скоростью $V_{\text{св}}$ от до м/ч. Регулирование $V_{\text{св}}$ происходит за счет управляемого электропривода, который выполнен на двигателе постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения. Для питания обмотки якоря $W_{\text{я1}}$ и $W_{\text{в1}}$ используется блок питания постоянного тока БП3 и БП4. Регулировка числа оборотов двигателя производится плавным изменением напряжения на обмотке якоря $U_{\text{д1}}$. Регулировка $U_{\text{д1}}$ производится с БП3.

Подачу присадочной проволоки обеспечивает управляемый электропривод, который выполнен на двигателе с независимой обмоткой возбуждения. Скорость подачи присадочной проволоки $V_{\text{пр. пр.}}$ плавно регулируется от до м/ч за счет изменения напряжения на обмотке якоря $W_{\text{я2}}$ двигателя. Напряжение на обмотке якоря $U_{\text{я2}}$ регулируется и задается на блоке питания постоянного тока БП1.

Схема предусматривает заварку кратера по окончании сварки. По окончании сварки W-Al в среде аргона образуется усадочная раковина (кратер). Кратер – это дефект сварки не допускается на неповоротных стыках, поэтому в схеме предусматривается перекрытие шва на 25° с уменьшением величины тока.

Ток уменьшается на источнике питания Врма 200Р плавно до минимальной величины на которую рассчитан ИП.

В связи с этим ИП выбирают таким образом, что бы обеспечивать минимальную величину тока.

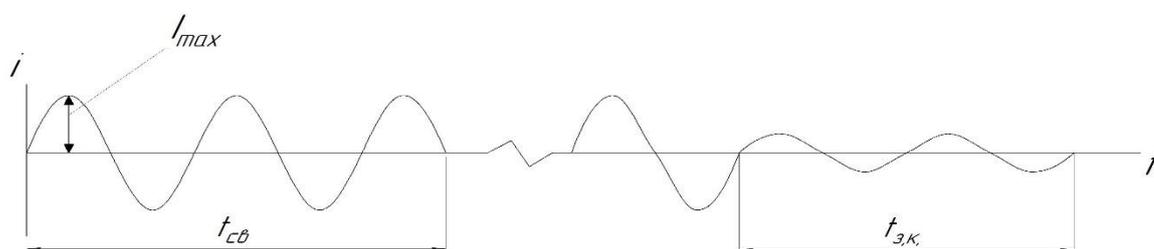


Рис 4.14 График зависимости изменения силы тока с течением времени

Время заварки кратера регулируется от до секунд. Блок управления головкой ГНС-140 позволяет устанавливать программу сварки неповоротного стыка и работать по программе. Можно произвести включение всех элементов вручную



Рис 4.15 Блок управления лабораторной установкой

5. Безопасность и экологичность

Своевременная идентификация профессиональных рисков, определение степени возникновения производственно-технологического инцидента на производстве, и/или транспортировке продукции, и/или эксплуатации уже произведенного технического объекта – требуют разработки эффективных, технически обоснованных методов и технических средств снижения (исключения) профессиональных рисков, что в конечном итоге, позволяет предупредить негативные последствия возникновения рисков, исключить производственные травмы и профессиональные заболевания [17,18].

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сборка стыка	Установка изделия в приспособление, установка центриатора, установка свариваемой детали, установка сварочной головки	сварщик	Штангенциркуль, приспособление, сварочная головка	Перчатки, ветошь

Продолжение таблицы 5.1

2	Сварка	Установка режимов сварки, выполнение процесса сварки	сварщик	Сварочная головка, балон аргона, источник питания, блок управления, осцилятор	Перчатки, сварочная маска.
3	Контроль качества	Визуальный контроль качества сварного шва	сварщик	Линейка, штангенциркуль, лупа x4	Перчатки, очки

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Сборка	острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхностях заготовок	не зашлифованные кромки образцов

Продолжение таблицы 5.2

2	Сварка	повышенная температура поверхностей оборудования и материалов, повышенная яркость света, острые кромки на поверхностях заготовок	Сварочная дуга, нагретый металл, не зашлифованные кромки образцов
3	Контроль качества	острые кромки на поверхностях заготовок	не зашлифованные кромки образцов

Таблица 5.3 – Организационно-технические методы и технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхностях заготовок	Зачистка кромок и поверхностей образцов	Защитные очки, перчатки, защитная роба

Продолжение таблицы 5.3

2	Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов	Наличие безопасной дистанции между сварщиком и местом сварки	Перчатки, защитная роба
3	Повышенная яркость света	Наличие у сварщика защитной экипировки	Сварочная маска

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварочный пост	Сварочная горелка	В	Пламя и искры, тепловой поток	Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты
		Источник питания	Е	Пламя и искры, тепловой поток	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологической установки

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки систем пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Вода, Песок, земля	-	Пожарный кран	Пожарный извещатель, Система передачи извещения о пожаре	Огнетушитель	Гражданский фильтрующий противогаз	Пожарный топор, Лопата, Лом	Пожарная сигнализация, Система оповещения о пожаре

Таблица 5.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	Инструктаж сварщика с "Инструкцией о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических объектах"	Знание правил пожарной безопасности
	Обеспечение первичных средств пожаротушения	Проверка наличия первичных средств пожаротушения

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производствен но- технологическ ого процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственн о- технологическог о процесса (производственн ого здания или сооружения по функционально му назначению, технологически е операции, оборудование), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативно е воздействи е техническо го объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающ ую среду)	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжен ия)	Негативное воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительног о покрова и т.д.)
Технология сварки	Автомат ГНС-1 Источник питания Стенд Аргон	Аэрозоли, пыль	Вода не используется	Почва не загрязняется Использован ные образцы сдаются в металлом.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Лабораторный стенд для сварки неповоротных стыков
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Вытяжная вентиляция
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование воды не предусматривается
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Отходы от сварки труб сдаются в металл.

В качестве технического объекта рассмотрел спроектированные объекты технические устройства, технологическое и инженерно-техническое оборудование, технологические процессы и разработал меры по безопасности при работе с ними. Так же исключил все возможные пожароопасные и экологические риски.

6. Экономическое обоснование работы

Таблица 6.1 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов [19,20]

Проектный вариант	
Предложенный проектный вариант выпускной квалификационной работы предусматривает собой выбор необходимого оборудования для создания лабораторной установки для сварки неповоротных стыков из сплава АМг-6 неплавящимся электродом в среде защитного газа аргона из имеющегося оборудования на кафедре СОМДиРП, что позволяет значительно сократить расходы на проведение лабораторной работы.	

Таблица 6.2 - Исходные данные по проекту

№	Наименование показателей	Цена
1	Цена 1 кг материала изделия Алюминиевая труба АМг6, М	250 руб./кг
2	Цена 1 кг: - вольфрамовых электродов -сварочная проволока -соль NaCl ₂	130 руб./шт 800 руб./кг 6 руб./кг
3	Цена сварочного оборудования: - сварочный инвертор Brima Tig 200P - сварочная головка ГНС-140 - осцилятор - центратор - стойка (приспособление для сварки)	44000 руб. 24000 руб. 5000 руб. 10000 руб. 20000руб
4	Занимаемая площадь, м ² Цена 1 м ² , руб	15 1500

Продолжение таблицы 6.2

5	Длина сварочного шва, м	0,346
	Ток сварочной дуги, А	130
	Напряжение, В	20
	Скорость сварки, м/ч	12

6.1. Расчет коэффициента загрузки оборудования.

$$k_z := n_{об.расч.} / n_{об.проект.}$$

$$k_z := 0,0009 / 1 = 0,0009$$

$$n_{об. расч.} = N_{пр.} * t_{шт} / \Phi_p * 60$$

$$n_{об. расч.} = 5 * 20 / 1902,56 * 60 = 0,0009$$

где $N_{пр.}$ – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$ – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

Φ_p – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

$$\Phi_p = (D_k + D_{вых.} + D_{пр.}) * T_{см.} * S * (1 - K_{р.п.})$$

$$\Phi_p = (365 - 104 - 8) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1902,56 \text{ (час.)}$$

где D_k – количество календарных дней в году;

$D_{вых.}$ – количество выходных дней в году;

$D_{пр.}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{см.}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$K_{р.п.}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку.

6.2 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы:

$$ЗМ = ЗМ_{осн.} + ЗМ_{всп.}$$

$$ЗМ_{проект} = 357,5 + 353,29 = 710,79$$

Затраты на основной материал:

$$ЗМ_{\text{осн}}^{\text{проект.}} = H_M * C_M * K_{\text{т.з}} * K_{\text{об}}$$

$$ЗМ_{\text{осн}}^{\text{проект.}} = 0,22 * 250 * 1,3 * 5 = 357,5 \text{ (руб.)}$$

где H_M – норма расхода основного материала на одно изделие, кг;

C_M – цена одного кг основного материала изделия, руб.;

$k_{\text{т.з}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$K_{\text{об}}$ – количество образцов.

Затраты на вспомогательный материал:

$$ЗМ_{\text{вспом.}}^{\text{проект.}} = З_{\text{эд.}} + З_{\text{з.г.}} + З_{\text{п.п.}} + З_{\text{ц.}}$$

$$ЗМ_{\text{вспом.}}^{\text{проект.}} = 18,62 + 309,2 + 13,47 + 12 = 353,29$$

где $З_{\text{эд.}}$ – затраты на электрод;

$З_{\text{з.г.}}$ – затраты на защитный газ;

$З_{\text{ц.}}$ – затраты на изготовление центриатора.

а) Затраты на неплавящийся электрод:

$$З_{\text{эл.}} = H_{\text{эл.}} * C_{\text{эл.}} * K_{\text{об.}}$$

$$З_{\text{эл.}} = 0,0286 * 130 * 5 = 18,62$$

где $H_{\text{эл.}}$ – норма расхода электродов на 1 образец

$C_{\text{эл.}}$ – цена электродов

Норму расхода электродов на 1 образец определяет по формуле:

$$H_{\text{эл.}} = Y * L_{\text{шва}}$$

$$H_{\text{эл.}} = 0,0528 * 0,346 = 0,0286$$

где Y – удельная норма расхода сварочных материалов на длину шва, кг/см;

$L_{\text{шва}}$ – длина сварного шва.

Удельную норму расхода электродов рассчитывают по формуле:

$$Y = K_p + M_{\text{напл.}}$$

$$Y = 1,15 * 0,072 = 0,0828 \text{ (кг/см)}$$

где $M_{\text{напл.}}$ – расчетная масса металла, кг/м

K_p – коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродов при сварке

Расчётная масса металла определяется по формуле:

$$M_{\text{напл.}} = \rho * F_H * 10^{-3}$$

$$M_{\text{напл.}} = 3 * 24 * 10^{-3} = 0,072 \text{ (кг/м)}$$

где F_H – площадь поперечного сечения шва, мм²;

ρ – плотность металла, г/см³;

б) Затраты на присадочную проволоку

$$Z_{\text{п.п.}} = M_{\text{п.п.}} + Ц_{\text{п.п.}} + K_{\text{об}}$$

$$Z_{\text{п.п.}} = 3,368 * 10^{-3} * 800 * 5 = 13,472 \text{ (руб)}$$

где $M_{\text{п.п.}}$ – масса присадочной проволоки, кг;

$Ц_{\text{п.п.}}$ – цена присадочной проволоки, кг;

$K_{\text{об}}$ – количество образцов, шт.

Масса присадочной проволоки на один образец определяется по формуле:

$$M_{\text{п.п.}} = S_{\text{п.п.}} * L_{\text{п.п.}} * \rho$$

$$M_{\text{п.п.}} = 0,4 * 3,14 * 3 * 10^{-3} = 3,768 * 10^{-3} \text{ (кг)}$$

где $S_{\text{п.п.}}$ – площадь присадочной проволоки, мм²;

$L_{\text{п.п.}}$ – длина присадочной проволоки, м.

в) Затраты на защитный газ:

$$Z_{г.г.} = N_{з.г.} * C_{з.г.} * K_{об}$$

$$Z_{г.г.} = 8 * 7,73 * 5 = 309,2 \text{ (руб.)}$$

где $N_{з.г.}$ – норма расхода защитного газа на образец, литр/мин;

$C_{з.г.}$ – цена защитного газа, литр.

г) Затраты на изготовление центратора:

$$Z_{ц} = N_{ц} * C_{ц} * K_{об}$$

$$Z_{ц} = 0,4 * 6 * 5 = 12 \text{ (руб.)}$$

где $N_{ц}$ – норма расхода материала для изготовления одного центратора, кг;

$C_{ц}$ – цена материала, руб/кг.

6.3 Затраты на производственную площадь

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей рассчитываются по формуле:

$$Z_{пл.ощ.} = C_{пл.ощ.} * S_{пл.ощ.} + N_{ам.пл.ощ.} * t_{шт} / \Phi_p * 100 * 60$$

$$Z_{пл.ощ.} = 1500 * 15 * 2 * 5 / 1902,56 * 100 * 60 = 197,1 \text{ (руб.)}$$

где $C_{пл.ощ.}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$N_{ам.пл.ощ.}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{пл.ощ.}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

6.4 Затраты на электрическую энергию

Затраты на электрическую энергию рассчитывается по формуле:

$$Z_{эл.эн.} = (P_{об.} * t_m / \eta * 60) * C_{эл.эн.}$$

$$Z_{эл.эн.} = (2600 * 1,73 / 0,65 * 60) * 1,75 = 201,83 \text{ (руб.)}$$

где $P_{об.}$ – полезная мощность оборудования, кВА;

$C_{\text{эл.эн.}}$ – цена одного кВт*ч электроэнергии, руб;

$t_{\text{м}}$ – машинное время работы сварочного оборудования, мин;

η – к.п.д. сварочной установки

Полезная мощность оборудования рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{об.}} = I_{\text{св.}} * U_{\text{д}}$$

$$P_{\text{об.}} = 130 * 20 = 2600 \text{ (кВт)}$$

где $I_{\text{св.}}$ – значение сварочного тока, А;

$U_{\text{д}}$ – напряжение дуги, В

Машинное время работы сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{м}} = 60 * L_{\text{шва}} / V_{\text{св.}}$$

$$t_{\text{м}} = 60 * 0,346 / 12 = 1,73 \text{ (мин)}$$

где $V_{\text{св.}}$ – заданная скорость сварки, м/ч.

6.5 Затраты на амортизацию оборудования

а) Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$A_{\text{об.}} = C_{\text{об.}} * N_{\text{а об.}} * t / \Phi_{\text{р}} * 100$$

$$A_{\text{об.}} = 103000 * 20 * 6 / 1902,56 * 100 = 64,94 \text{ (руб.)}$$

где $C_{\text{об.}}$ – балансовая стоимость используемого сварочного оборудования, руб;

$N_{\text{а об.}}$ – норма амортизационных отчислений на оборудование, %;

t – практическое время работы оборудования, мин;

$\Phi_{\text{р}}$ – фонд времени работы сварочного оборудования, час.

б) Затраты на текущий ремонт оборудования

$$P_{\text{т.р.}} = C_{\text{об.}} * N_{\text{т.р.}} * K_3 / 100 * \Phi_p$$

$$P_{\text{т.р.}} = 100300 * 35 * 0,0009 / 100 * 1902,56 = 17,05 \text{ (руб.)}$$

где $N_{\text{т.р.}}$ – норма отчислений на технический ремонт оборудования.

6.6 Затраты на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента

$$Z_{\text{инстр.}} = C_{\text{инстр.}} * N_{\text{инстр.}} * t_{\text{шт.}} / T_{\text{инстр.}} * \Phi_p$$

где $C_{\text{инстр.}}$ – суммарная цена используемого инструмента, руб.;

$N_{\text{инстр.}}$ – норма амортизационных отчислений на инструмент.

$T_{\text{инстр.}}$ – срок службы инструмента, лет.

$$Z_{\text{инстр.}} = 10300 * 15 * 10/5 * 1902,56 * 100 = 162,41 \text{ (руб.)}$$

6.7 Технологическая себестоимость установки

Технологическая себестоимость установки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{тех.}} = Z_M + Z_{\text{эл.эн.}} + Z_{\text{инстр.}} + Z_{\text{плоч.}} + \Phi_{3П} + O_{\text{с.н.}}$$

$$C_{\text{тех.}} = 710,79 + 201,83 + 162,41 + 191,7 + 413,63 + 147,25 = 1827,61 \text{ (руб.)}$$

6.8 Цеховая себестоимость установки

Цеховая себестоимость установки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{цех.}} = C_{\text{тех.}} + P_{\text{цех.}}$$

$$C_{\text{цех.}} = 1827,61 + 923,27 = 2750,89 \text{ (руб.)}$$

где $P_{\text{цех.}}$ – цеховые (общепроизводственные) расходы, руб.

$$P_{\text{цех.}} = K_{\text{цех.}} * 3П_{\text{осн}}$$

$$P_{\text{цех.}} = 369,31 * 2,5 = 923,27 \text{ (руб.)}$$

где $K_{\text{цех.}}$ – коэффициент цеховых расходов.

6.9 Производственная себестоимость установки

Производственная себестоимость установки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{произв.}} = C_{\text{цех.}} + P_{\text{произв.}}$$

$$C_{\text{произв.}} = 664,76 + 2750,89 = 3415,65 \text{ (руб.)}$$

где $P_{\text{произв.}}$ – производственные расходы, руб.

Производственные расходы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{произв.}} = K_{\text{произв.}} * ЗП_{\text{осн.}}$$

$$P_{\text{произв.}} = 1,8 * 369,31 = 664,76 \text{ (руб.)}$$

6.10 Затраты на заработную плату преподавателей и лаборантов с отчислениями на социальное страхование.

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{осн.}} + ЗП_{\text{доп.}}$$

$$\Phi ЗП_{\text{проект.}} = ЗП_{\text{осн.}}^{\text{проект.}} + ЗП_{\text{доп.}}^{\text{проект.}}$$

$$\Phi ЗП_{\text{проект.}} = 369,31 + 44,32 = 413,63 \text{ (руб.)}$$

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{осн.}} = C_{\text{ч.(п.)}} * t_{\text{п.}} * K_{\text{доп.}} + C_{\text{ч.(л.)}} * t_{\text{л.}} * K_{\text{доп.}}$$

$$ЗП_{\text{осн.}}^{\text{проект.}} = 18,13 * 6 * 1,88 + 14,38 * 6 * 1,88 = 369,31 \text{ (руб.)}$$

$C_{\text{ч.(п.)}}$ – часовая тарифная ставка преподавателя, руб/час;

$t_{\text{п.}}$ – время работы преподавателя, час;

$C_{\text{ч.(л.)}}$ – часовая тарифная ставка лаборанта, руб/час;

$t_{\text{л.}}$ – время работы лаборанта, час;

$K_{\text{доп.}}$ – коэффициент доплат

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{доп.}} = K_{\text{д.}} * ЗП_{\text{осн.}} / 100$$

$$ЗП_{\text{доп.}}^{\text{проект.}} = 12 * 369,31 / 100 = 44,32 \text{ (руб.)}$$

6.11 Отчисления на социальное страхование

Отчисления на социальное страхование рассчитывается по формуле:

$$O_{c.c.} = K_{c.c.} (ЗПЛ_{осн.} + ЗПЛ_{доп.}) / 100$$

где $K_{c.c.}$ – коэффициент отчислений на социальное страхование, %.

$$O_{c.c.} = 35,6 * (44,32 + 369,31) / 100 = 147,25 \text{ (руб.)}$$

6.12 Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{c.n.} = N_{соц.} * ФЗП / 100$$

$$O_{c.n.} = 30 * 413,63 / 100 = 124,09 \text{ (руб.)}$$

где $N_{соц.}$ – отчисление на социальные нужды.

Таблица 6.3 – Итоговые затраты на лабораторную установку

Статьи затрат	Величина затрат (руб.)
1. Материалы основные	357,50
2. Материалы вспомогательные	353,29
3. Электроэнергия	201,83
4. Основная заработная плата	369,31
5. Дополнительная заработная плата	44,32
6. Отчисления на социальное страхование	147,25

Продолжение таблицы 6.3

7. Затраты на амортизацию оборудования	64,94
--	-------

8. Затраты на амортизацию производственной площади	191,10
9. Затраты на эксплуатацию рабочего инструмента	162,41
10. Технологическая себестоимость установки	1827,61
11. Цеховые затраты	923,26
12. Цеховая себестоимость установки	2750,89
13. Производственные затраты	664,76
14. Производственная себестоимость установки	3415,65

6.13 Расчет ожидаемой прибыли

Ожидаемая прибыль рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{Рож}} = (C_{\text{уст. пок.}} - C_{\text{произв. изг.}})$$

$$C_{\text{Рож}} = 103000 - 3415,65 = 99584,35 \text{ (руб.)}$$

Выводы по разделу экономика

Где $C_{\text{уст. пок.}}$ – цена покупки лабораторной установки, руб.

Проведено экономическое обоснование проектного варианта выпускной квалификационной работы по созданию лабораторной установки для сварки не поворотных стыков труб из сплава АМг-б.

Наибольшая статья расходов это – основная заработная плата.

Заключение

В бакалаврской работе разработан технологический процесс для автоматической сварки неповоротных стыков труб диаметром 110мм неплавящимся электродом на переменном токе в среде защитного газа аргона.

На основании технологического процесса рекомендовано поставить лабораторную работу для бакалавров и магистров с использованием сварочного оборудования имеющегося на кафедре выбранного в данной бакалаврской работе.

Затраты на проведение лабораторных работ равны 130000 рублей.
Ожидаемая прибыль составит 99584,35 рублей.

Список используемой литературы

1. Алюминиевые сплавы: Справочник / под ред. Х.Нильсена, В.Хуфнагеля, Г. Ганулиса; 13-е изд. – М.: «Металлургия», 1979. – 678 с.
2. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы: Справочник / под ред. Ф.И. Квасова, И.Н. Фридляндера – М.: «Металлургия», 1972. – 551 с.
3. Сварка сплавов на основе алюминия и тугоплавких высокоактивных металлов: Учеб. пособие / М.Д. Щипков. – Л.: ЛПИ, 1983. – 80 с.
4. Рабкин Д.М., Игнатъев В.Г., Довбищенко И.В. Дуговая сварка алюминия и его сплавов. М.: Машиностроение, 1982. – 95 с.
5. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ.изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. – 574 с.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением./ Под ред. Б.Е. Патона, М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
7. 50 лет высшему образованию в Тольятти : очерки / В.В. Масаков [и др.]. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2013. – 255 с.
8. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х т.- М.: Машиностроение, 1978.
9. Справочник сварщика. М.: Машиностроение, 1982. – 560 с.
10. Тайц Б.Л. Сварка алюминия трехфазной дугой неплавящимися электродами в защитных газах. Л.: Знание, 1969. – 26 с.
11. Сварочные трансформаторы, установки, выпрямители: Метод. указания к лаб. работам / Сост. Г.М. Короткова – Тольятти: ТГУ, 1988.
12. Короткова Г.М. Источники питания для сварки: Учеб. пособие. – Куйбышев: КуАИ, 1980. – 55 с.

12. Столбов В.И., Короткова Г.М. Технология и оборудование для сварки трехфазной дугой неплавящимся электродом: Учебн. пособие. – Куйбышев: КуАИ, 1984. – 81 с.
13. Ищенко К.А. Технологическая инструкция по дуговой сварке алюминия и деформируемых алюминиевых сплавов в инертных газах / Технологическая инструкция – Киев ИЭС им. Е.О. Патона – 65 с.
14. Рабинович И.Я., Вавуло И.В. Расчет тепловой мощности трехфазной дуги при сварке неплавящимися электродами в аргоне // Сварочное производство, 1975. № 2. С. 3-4.
15. Короткова Г.М., Перельгина М.В. Сопротивление жидкой ванны при сварке вольфрамовым электродом в среде аргона / Г.М. Короткова, М.В.Перельгина /// Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Труды II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием 16-18 мая. Ч. 2. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 412 с.
16. Козулин М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: Учебн. пособие для вузов. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 280 с.
17. Белов С.В. и др. Безопасность производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
18. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: Учеб. пособие. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
19. Цепенев Р.А. Сравнительная экономическая оценка способов автоматической сварки неплавящимся электродом / Р.А. Цепенев /// Сварочное производство. №2. 1989 г. – 52 с.
20. Юрьев В.П. Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии. М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.