

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(наименование направленности, специализации)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Заварка кратера при сварке продольных швов из сплава АМгЗ

Студент(ка)

Горностаев И.М.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Короткова Г.М.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Дерябин И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Яценко Н.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н, профессор В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе была разработана схема улучшения источников питания УДГ – 301 и ИПК – 350 для сварки продольных швов, в изделиях из сплава АМгЗ, с неплавящимся вольфрамовым электродом, способствующая уменьшению размеров сварочного кратера.

В начале были рассмотрены продольные сварные швы из сплава АМгЗ, выполненные различными видами дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом. Во время анализа швов было выявлено дефекты, а именно сварочные кратеры в конце сварного шва.

В следствии чего были проанализированы способы заварки кратера в продольных швах изделий из алюминиевого сплава АМгЗ. При анализе способов выяснилось, что размеры сварочного кратера лучше всего снижаются при плавном уменьшении сварочного тока, постепенным увеличением скорости сварки или увеличением длины дуги на конце сварного шва. Были рассмотрены источники питания с соответствующими характеристиками. Во время поиска подходящих источников питания было выявлено, что номенклатура сварочных трансформаторов с плавным уменьшением тока мала, поэтому было предложено доработать схему источника питания УДГ – 301 реостатом заварки кратера. Данная схема может так же применяться к сварочному трансформатору ИПК – 350 из-за аналогичной принципиальной схемы. Далее были установлены меры по охране труда. В экономической части была рассчитана стоимость изготовления продольного шва на трубе. Определен размер капитальных вложений в производство по основной и проектной технологиям.

## ABSTRACT

In this final qualification work, a scheme for improving the UDG - 301 and IPK - 350 power supply sources was developed, for welding the longitudinal seam of AMg3 alloy products, with a non - consumable tungsten electrode contributing to the reduction of the size of the welding crater.

Longitudinally welded seams in aluminum products of AMg3 alloy, made by various types of arc welding with a non-consumable tungsten electrode, were considered. During the examination, defects were detected, namely welding craters at the end of the weld.

As a result, the methods of welding the crater in the longitudinal seams of products made of aluminum alloy AMg3 were analyzed. When analyzing the methods, it was revealed that the best dimensions of the welding crater are reduced with a smooth reduction of the welding current, a gradual increase in the welding speed, or an increase in arc length at the end of the weld. Power supplies with suitable characteristics were considered. During the search for suitable power sources, it was revealed that the types of welding transformers with a smooth current reduction were small, thus it was suggested that the circuit of the UDG - 301 power supply with rheostat for crater welding be finalized. This scheme can be applied to a welding transformer of the IPK-350 type, because of a similar circuit diagram. The RPG sets out measures for the protection of labor. In the economic part, the cost of manufacturing the longitudinal seam is calculated. The size of the capital investment for production by basic and design technologies was determined, and their comparison was also made.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРОВ КРАТЕРА ПРИ СВАРКЕ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ ИЗ СПЛАВА АМгЗ .....	11
1.2. Формирование кратера при сварке .....	14
1.3 Состав сплава АМгЗ .....	17
1.4 Анализ способов заварки кратера при сварке.....	18
1.4.2 Увеличение скорости сварки в конце шва .....	19
1.4.3 Уменьшение длительности импульса при импульсной сварке .....	20
1.4.4 Увеличение напряжения в конце сварки .....	21
1.4.5 Заварка кратера при сварке трехфазной дугой .....	22
2. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБО СВАРКИ ПРОДОЛЬНЫХ.....	24
ШВОВ И ОБОРУДОВАНИЯ.....	24
2.1 Анализ способов сварки, уменьшающих размеры .....	24
сварочного кратера .....	24
2.1.1 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитных газах .	24
2.1.2 Автоматическая сварка сжатой дугой неплавящимся вольфрамовым электродом.....	25
2.1.3 Сварка вольфрамовым электродом в защитных газах в импульсном режиме.....	26
2.2 Выбор источников питания и автоматов для сварки продольных швов....	28
2.3 Доработка схемы управления током сварки .....	33
2.4 Доработка схемы управления скоростью сварки .....	35
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРУБЫ ИЗ СПЛАВА АМгЗ .....	38
3.1 Разметка листа сплава АМгЗ .....	38
3.2 Разрезка листа.....	38
3.3 Вальцовка заготовок .....	39
3.4 Обезжиривание заготовок и присадочной проволоки .....	40
3.5 Химическое травление .....	40
3.6 Смывка химических реагентов.....	41

3.7 Осветление алюминия .....	41
3.8 Смывка химических веществ.....	42
3.9 Пассивирование заготовок .....	42
3.8 Смывка химических веществ.....	43
3.9 Сушка заготовок.....	43
3.10 Сборка с прихваткой.....	44
3.11 Сварка продольного шва .....	45
3.12 Визуальный контроль детали .....	45
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА .....	47
4.1 Технологическая характеристика объекта .....	47
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА .....	56
5.1 Исходные данные для расчетов .....	56
5.2 Расчет нормы штучного времени на выполняемые технологические операции.....	58
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	59
5.3.1 Общие капитальные вложения в оборудование .....	59
5.3.2 Удельные капитальные вложения в оборудование .....	62
5.4 Расчет себестоимости свариваемых материалов .....	62
5.4.1 Затраты на материалы .....	62
5.4.2 Затраты на основной материал.....	62
5.4.3 Затраты на вспомогательные (сварочные) материалы.....	63
5.4.4 Затраты на покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, необходимые для изготовления изделия .....	65
5.4.5 Затраты на технологическую энергию .....	66
5.4.6 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования .....	66
5.4.7 Затраты на содержание и использование приспособлений и рабочего инструмента.....	68
5.4.8 Затраты на содержание и использование занимаемой под оборудование производственной площади .....	68
5.4.9 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды .....	69
5.4.10 Основная заработная плата основных производственных рабочих ...	69

5.4.11	Дополнительная заработная плата .....	70
5.4.12	Отчисления на социальное страхование .....	70
5.4.13	Технологическая себестоимость изготавливаемого изделия .....	70
5.4.14	Цеховая себестоимость изготавливаемого изделия .....	70
5.4.15	Заводская себестоимость изготавливаемого изделия .....	71
5.4.16	Полная себестоимость изготавливаемого изделия.....	71
5.6	Расчет повышения производительности труда.....	73
5.6.1	Снижение трудоёмкости изготовления изделия.....	73
5.6.2	Повышение производительности труда .....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....		76

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире алюминиевые сплавы все больше и больше применяются в промышленности. Некоторые алюминиевые сплавы по своим физико-химическим свойствам стоят на одном уровне со сталью, а некоторые сплавы даже превосходят их.

Большинство деталей в летательных аппаратах состоят из алюминия. Автомобилестроение так же переходит на алюминиевые сплавы. Алюминий, в связке с другими химическими элементами дает сплав с прочностными характеристиками выше, чем у стали, при этом он легче её в несколько раз.

Алюминий, благодаря своей оксидной пленке, практически не подвержен коррозии, он выдерживает агрессивные химические среды, не теряя при этом механических свойств.

Новые методы добычи алюминия позволяют удешевить металл, тем самым давая возможность конкурировать со сталью на рынке конструктивных сплавов.

При сварке продольных и кольцевых швов возникают проблемы с заваркой кратера в конце шва. Выпускаемое сварочное оборудование не снабжается устройствами для заварки кратера. Для этих целей разрабатываются специальные устройства, и специальные технологические приемы.

Производственные инженеры выбирают для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом алюминиевых сплавов источники питания, которые обеспечивают наибольшую кратность регулирования тока, или сварочные автоматы, которые позволяют в широком диапазоне регулировать скорость сварки.

Цель данной работы – уменьшить размеры кратера за счет увеличения кратности регулирования тока и расширения диапазона регулирования скоростей сварки.

# 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРОВ КРАТЕРА ПРИ СВАРКЕ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ ИЗ СПЛАВА АМГЗ

## 1.1 Описание изделий с продольными швами.

Повышение надежности и работоспособности сварных конструкций, снижение металлоемкости и применение механизированных способов сварки при их производстве – весьма актуальные задачи, поставленные перед работниками, занятыми в области сварочной науки и техники.

В связи с повышающимися требованиями к эксплуатационным свойствам сварных конструкций появилась необходимость для их изготовления применять во все увеличивающемся объеме алюминиевые сплавы. Они незаменимы в таких отраслях, как авиационная и радиоэлектронная промышленность, атомная техника[1,2].

По сравнению с конструкционными сталями цветные металлы и их сплавы требуют более сложных технологических приемов сварки для получения соединений с комплексом физико-химических свойств, сопоставимых по уровню со свойствами основного металла [1,2].

Применение чистого алюминия для изготовления сварных конструкций ограничено, вследствие его низкой прочности. В отдельных случаях его используют в химическом машиностроении, в изделиях для пищевой, электротехнической промышленности. Для сварных конструкций используют различные полуфабрикаты из алюминиевых сплавов (листы, полосы, плиты, трубы, прокат различных профилей) [1 - 3].

Современные методы сварки позволяют получить качественное стыковое сварное соединение (рис. 1.1) с механическими свойствами сопоставимых основному металлу.



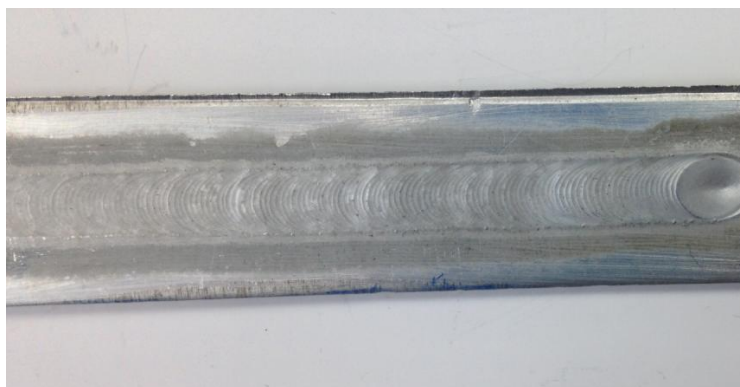


Рисунок 1.1 - Продольный шов на листовой конструкции

Алюминий, за счет своего веса и механических свойств, является основным металлом в авиа- и ракетостроительной промышленности. Большинство деталей корпуса космических аппаратов выполнены из специальных сплавов, основным компонентом которых является алюминий. В следствии чего требуется производить сварку различных деталей летательных аппаратов, например защитного конуса (рис. 1.2), используемого в космической промышленности. Требования, предъявляемые к сварному соединению очень высоки, в следствии чего шов должен быть выполнен с высокой точностью и без каких либо дефектов [4].

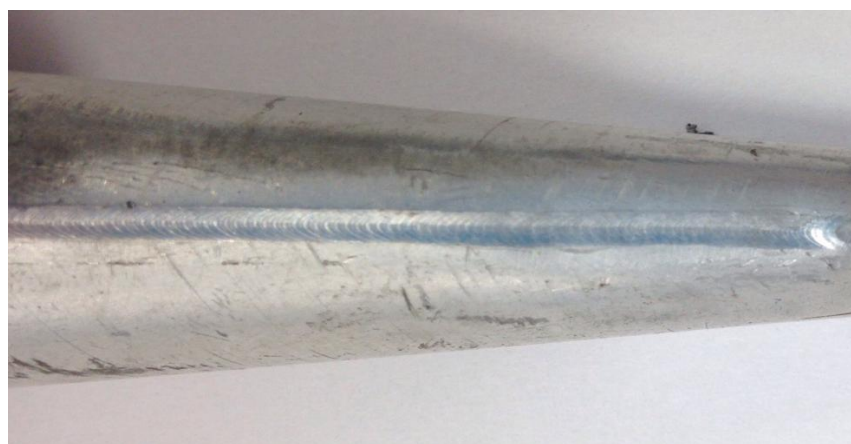


Рисунок 1.2 - Продольный шов на защитном конусе

Широко применяется сварка продольных швов для труб, изготовленных из алюминиевых сплавов. Их применяют в строительстве, в сельском хозяйстве, в вентиляционных комплексах, нефтяной промышленности и т.д. В

авиационной промышленности трубы иногда используются для прокладки электроники внутри летательного аппарата ( рис. 1.3) [2,4].



Рисунок 1.3 – Продольный шов на трубе

Сварка в импульсном режиме применяется для производства ответственных сварных конструкций. Данным способом можно соединять детали из различных марок стали, алюминия, никелевых, медных и титановых сплавов. На рисунке 1.4 показан продольный сварной шов выполненный сваркой в импульсном режиме. Темными точками показаны сварочные кратеры, данный дефект был получен в следствии режима сварки не предусматривающего перекрытие точек. Данный сварной шов является дефектом и наглядным представлением возможности возникновения сварочного кратера при использовании сварки в импульсном режиме без перекрытия точек [5,6]



Рисунок 1.4 – Продольный шов при сварке в импульсном режиме без перекрытия точек

При использовании различных видов сварки, в конце сварочного шва необходимо уменьшать размеры сварочного кратера, либо выводить его на технологическую планку. В большинстве видов дуговой сварки существуют способы уменьшения размеров кратера. Внешне, при уменьшении сварочного кратера, шов в конце сварки постепенно уменьшает свою ширину (рис. 1.5), тем самым получая кратер малых размеров.

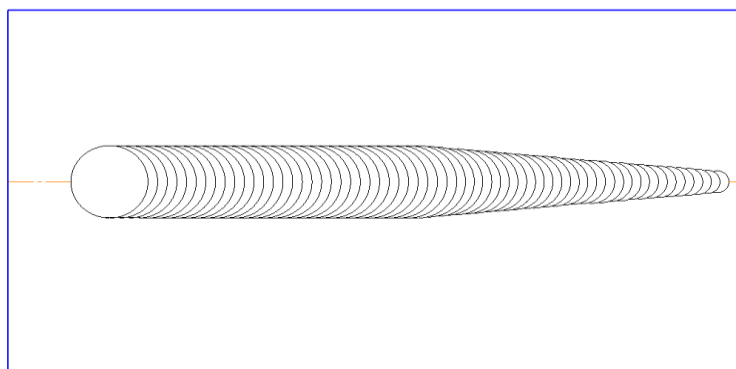


Рисунок 1.5 – Эскиз сварного соединения при использовании способов уменьшения размеров сварочного кратера.

В качестве отдельного примера представляется сварной шов выполненный по замкнутому контуру (рис.1.6). На данном рисунке хорошо виден сварочный кратер, он перекрывает начало шва. Ширина шва составляет 5 мм, диаметр кратера равен 2 мм.



Рисунок 1.6 – Сварной шов выполненный по контуру

Обзор изделий приведен на чертеже 17.БР.СОМДиРП.500.11.000.

## 1.2. Формирование кратера при сварке

Кристаллизация металла сварочной ванны носит прерывистый характер. Периоды ускоренного роста кристаллитов чередуются с замедлением роста или

остановками. Периодические остановки происходят в результате прекращения понижения температуры из-за выделения скрытой теплоты плавления. Прерывистая кристаллизация определяет слоистое строение металла шва. Толщина слоя обычно не превышает десятых долей миллиметра. На слоистое и чешуйчатое строение шва влияет также волнообразное поступление металла при дуговой сварке. Слоистость не нарушает направление и характера кристаллизации, так как сохраняется кристаллографическая ориентировка [7,8].

Механизм появления усадочной раковины в сварных соединениях аналогичен механизму образования усадочной раковины в отливках.

Формирование отливки начинается с возникновения её внешних контуров. При открытой верхней поверхности отливки или слитка образование верхней твердой корки происходит в результате отвода теплоты в атмосферу [7].

В работе указано, что до появления твердой корки на отливке усадка проявляется в виде понижения уровня жидкого сплава в литейной форме. После образования и возникновения контура отливки размеры данного контура должны уменьшаться вследствие понижения его температуры. Жидкость, заключенная в контурной оболочке, претерпевает значительно большую усадку, так как она сначала должна отдать теплоту перегрева, затем закристаллизоваться и лишь потом остыть до температуры окружающей среды.

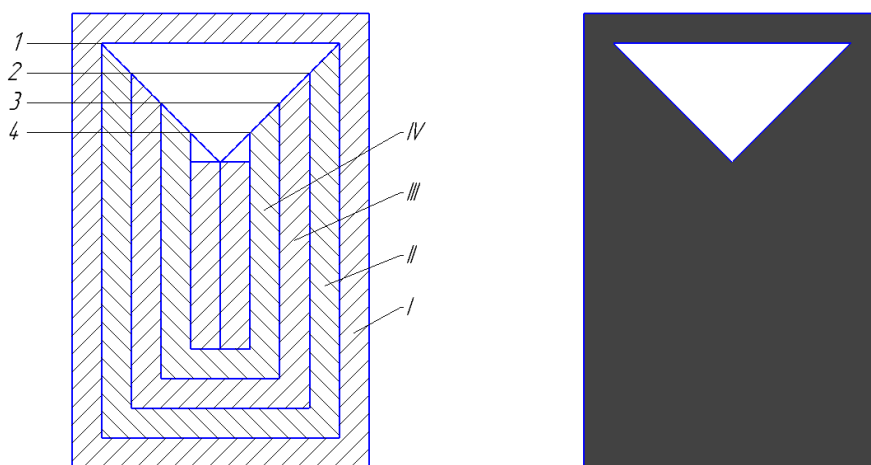
После окончательного охлаждения отливки объем жидкости, заключенный в первичной твердой оболочке, получит размеры меньше, чем объем, ограниченный внешними контурами всей отливки. Внутри, отливки возникнут усадочные полости, в которых отсутствует металл.

Существует два вида усадочных полостей:

- 1) усадочные раковины, представляющие собой относительно крупные по объему пространства, находящиеся в тепловых центрах отливки;
- 2) усадочные поры – малых размеров, чаще всего не видимые невооруженным глазом пустоты, располагающиеся на границах соприкосновения двух или более кристаллов.

Механизм роста одной сконцентрированной усадочной раковины легко представить себе из рисунка 1.7, на котором представлена схематическая картина условий затвердевания металлического слитка, имеющего круглое, квадратное или другое геометрически правильное сечение.

В начале механизма затвердевания образуется контурная корка I (рис. 1.7 а). В связи с тем, что объем возникшей твердой фазы меньше объема жидкости, затраченной на создание корки, уровень жидкого металла внутри слитка снижается до горизонтали 1. В следующий период времени застывает слой II, причем усадка, возникающая при кристаллизации, компенсируется снижением уровня жидкости до горизонтали 2. В последующем при застывании слоев III и IV уровень жидкости снижается соответственно до горизонталей 3 и 4.



а) послойный вид

б) вид в разрезе

Рисунок 1.7 – Механизм образования усадочной раковины в отливке

В результате последовательного снижения уровня жидкого металла и одновременного наращивания корки, ограничивающей объем этого жидкого металла, в верхней части отливки образуется усадочная раковина, которая, при литье цилиндрического слитка может имеет форму близкую к конусу. Схематически вид такой раковины представлен на рисунке 1.7 б. Геометрическая форма раковины может изменяться при увеличении или уменьшении скоростей отвода тепла через донную, боковые и верхнюю поверхности отливки. Образующая конуса становится при этом линией

сложной кривизны. Случается, что в процессе роста донная часть раковины затвердевает. Через некоторое время под ней образуется вторая раковина.

Так же стоит отметить, что представленная схема роста конической раковины наиболее хорошо характеризует затвердевание чистого металла или эвтектического сплава, не имеющего температурного интервала кристаллизации.

### 1.3 Состав сплава АМгЗ

Сплав АМгЗ – относится к системе сплавов Al-Mg. Сплав отлично деформируется, так же имеет большую стойкость к коррозии и неограниченную свариваемость. АМгЗ хорошо поддается механической обработке, но имеет усредненные значения твердости, предела текучести, а так же прочности на растяжение.

Небольшая плотность при относительно высокой прочности, удовлетворяемая обрабатываемость режущими инструментами, и высокая стойкость к коррозии объясняют широкое использование в авиационной, судостроительной, химической и др. отраслях.

АМгЗ состоит на 93.8-96 % из алюминия, 3.2-3.8 % из магния и прочих примесей. Подробный химический анализ представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала АМгЗ [1,2]

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 0.5	0.5 - 0.8	0.3 - 0.8	до 0.05	до 0.1	93.8 - 96	до 0.1	3.2 - 3.8	до 0.2	прочие, каждая 0.05; всего 0.1

Свойства алюминиевых сплавов зачастую зависят от легирующих элементов, входящих в их состав. Добавление различных химических компонентов по-разному влияет на механические свойства сплавов. Механические характеристики сплава АМгЗ показаны в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства сплава АМГЗ[1,2]

Вид полуфабриката	Составные материалы	Механические свойства			
		$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{02}$ , кгс/мм <sup>2</sup>		$\alpha$ , град
Лист $\delta = 2$ мм	АМГ 3Н	28	25	5	-
	АМГ 3П	24	20	7	-
	АМГ 3М	22	10	15	180

## 1.4 Анализ способов заварки кратера при сварке

### 1.4.1 Плавное уменьшение тока в конце сварки

Для уменьшения размеров сварочного кратера при дуговой сварке используется способ плавного уменьшения тока в конце сварки (рис. 1.8). При применении источников питания на переменном токе, осциллограмма тока во время заварки кратера будет аналогична представленной на рисунке 1.9. В связи с уменьшением сварочного тока, уменьшается тепловложение в сварной шов, тем самым постепенно уменьшается проплавление и геометрические размеры шва. Номенклатура источников питания, позволяющих плавное уменьшение сварочного тока довольно велика, на рынке имеются различные модели как для сварки с применением присадочной проволоки, так и с плавящимся электродом [9,10,11,12]. Эскиз сварного соединения при данном способе сварки показан на рисунке 1.5.

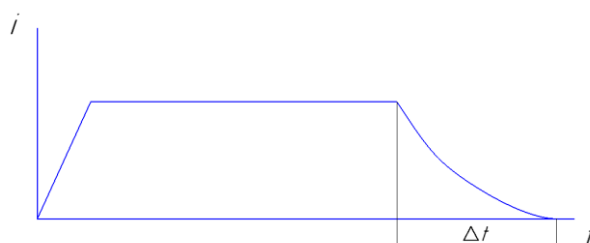


Рисунок 1.8 – График изменения тока при заварке кратера

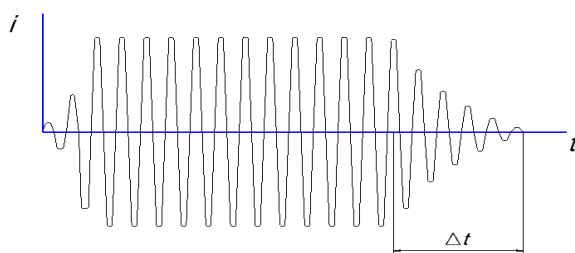


Рисунок 1.9 - Осциллограмма тока при заварке кратера

#### 1.4.2 Увеличение скорости сварки в конце шва

Помимо применения плавного уменьшения сварочного тока существует способ, позволяющий уменьшать размеры сварочного кратера без изменения тока. Если источник питания не предусматривает плавного изменения тока, то можно увеличить скорость сварки в конце шва. Данный способ так же уменьшает тепловложение и размеры сварочного шва (рис 1.10, 1.11). Рассчитывается расстояние до конца шва и начинается постепенное увеличение скорости движения сварочной горелки. Данный способ применяется за счет изменения количества оборотов двигателя перемещающего сварочную горелку вдоль шва. График скорости сварки показан на рисунке 1.10.

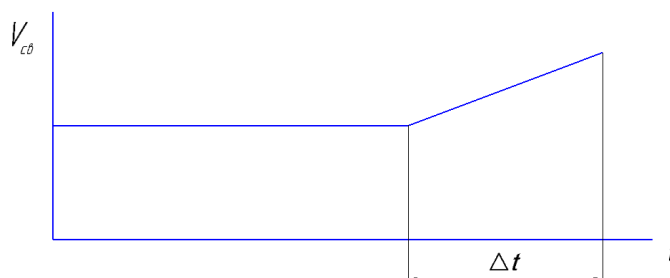


Рисунок 1.10 - График увеличения скорости сварки при заварке кратера

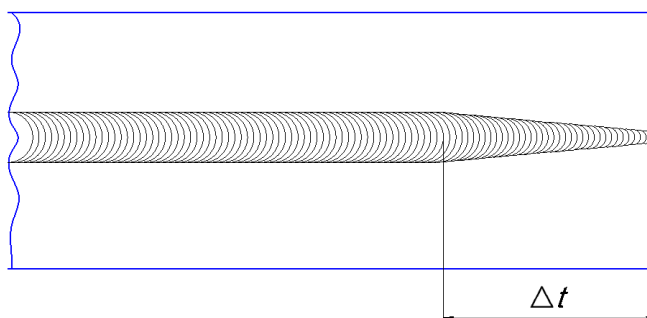


Рисунок 1.11 - Эскиз сварного соединения при увеличении скорости сварки



### 1.4.3 Уменьшение длительности импульса при импульсной сварке

При использовании импульсной сварки так же появляются сварочные кратеры в конце сварного шва. Чтобы уменьшить их размеры применяется метод изменения длительности импульса, без изменения паузы между импульсами (рис. 1.12). Уменьшение времени воздействия дуги на сварной шов, уменьшает количество тепла, которое поступает в сварное соединение. Уменьшаются размеры сварной точки и тем самым зоны проплавления, вместе с этим в конце шва получается малый размер сварочного кратера (рис 1.14). Из рисунка 1.13 видно, что происходит плавное уменьшение длительности импульса, без изменения продолжительности паузы. В момент, когда не происходит воздействие импульса, между электродом и швом горит так называемая «дежурная дуга» [13, 31].

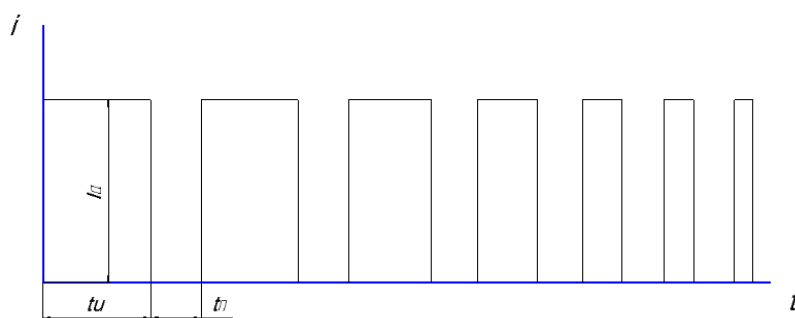


Рисунок 1.12 – График заварки кратера при изменении  $t_{\text{имп}}$  (при  $I_a = \text{const}$ ,  $t_{\text{п}} = \text{const}$ )

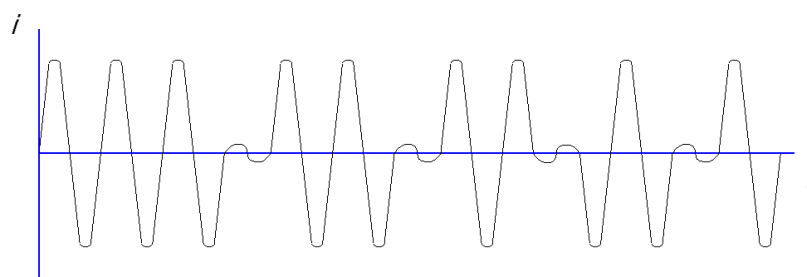


Рисунок 1.13 - График уменьшения длительности импульсов при заварке кратера

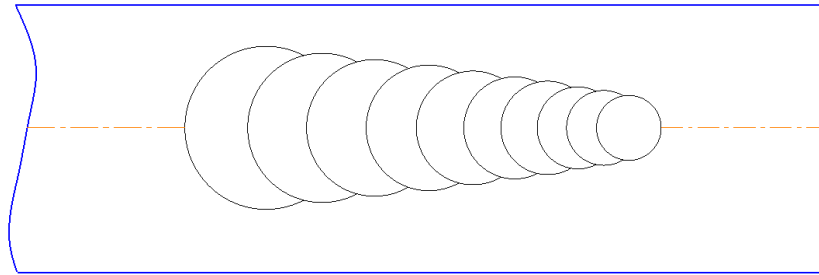


Рисунок 1.14 - Эскиз сварного соединения при импульсной сварке

#### 1.4.4 Увеличение напряжения в конце сварки

Помимо увеличения скорости сварки, так же для уменьшения размеров сварочного кратера применяют метод изменения напряжения на дуге. При увеличении расстояния между электродом и сварным швом происходит линейное увеличение напряжения на участке электрод – деталь (рис. 1.15, 1.16). При увеличении напряжения происходит уменьшение плотности тока и увеличивается длина дуги, растут потери тепла в дуговом промежутке, тем самым уменьшается глубина проплавления, но увеличивается ширина шва [28, 29]. При данном методе уменьшение сварочного кратера происходит не за счет уменьшения его диаметра, а уменьшения усадки внутри него [13,14].

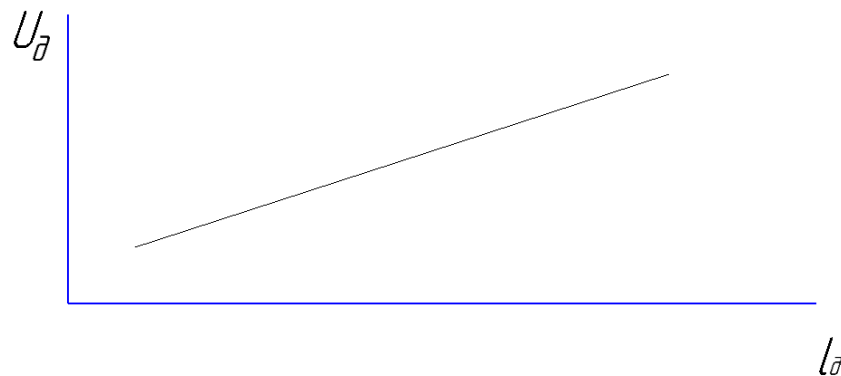


Рисунок 1.15 - Зависимость напряжения дуги от её длины

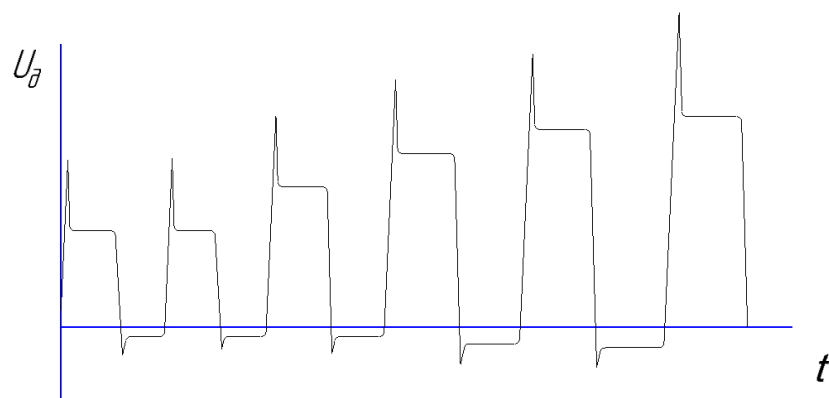


Рисунок 1.16 – Осциллограмма дуги при заварке кратера

#### 1.4.5 Заварка кратера при сварке трехфазной дугой

Трехфазная сварка позволяет получить качественное сварное соединение за более короткий срок, в отличие от остальных способов сварки. Но оно тоже не обходится без сварочного кратера в конце шва. Размеры данного дефекта можно уменьшить путем отключения дуги между электродами и деталью. Сварка заканчивается дугой, горящей между электродами. На рисунке 1.18 показано отключение дуг между электродами и деталью, и остается только одна дуга, горящая между электродами. Тепловложения от дуги достаточно для окончания сварного шва и уменьшения размеров сварочного кратера. Эскиз полученного сварного соединения показан на рисунке 1.11 [10, 15].

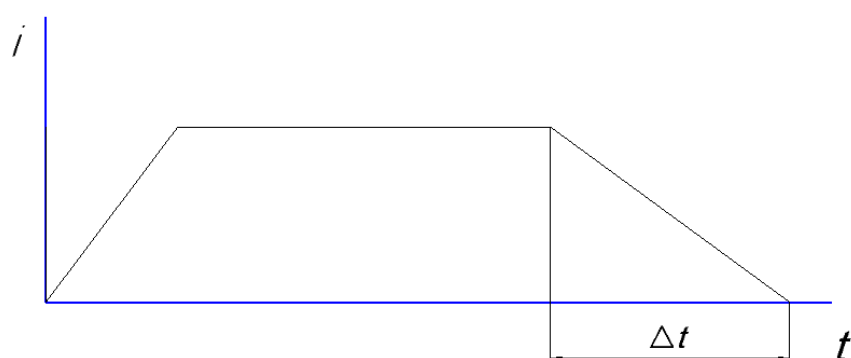


Рисунок 1.17 – График заварки кратера при сварке трехфазной дугой

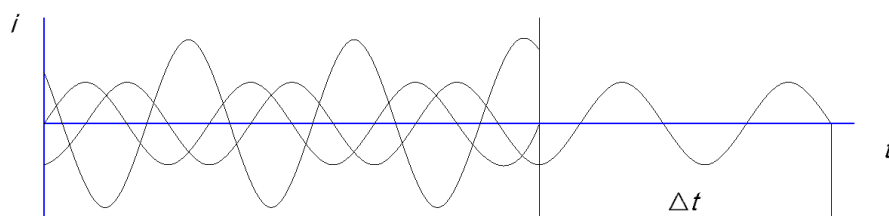


Рисунок 1.18 – Осциллограмма трехфазной дуги при заварке кратера

Обзор способов заварки кратера приведен на чертеже 17.БР.СОМДиРП.500.12.000.

Таким образом, анализ способов заварки кратера при сварке алюминиевых сплавов показал, что в зависимости от способа сварки алюминиевых сплавов размеры кратера можно уменьшить несколькими способами:

- 1) за счет уменьшения величины тока в конце сварного шва
- 2) за счет изменения скорости сварки
- 3) За счет изменения длины дуги в конце сварки

Обзор способов заварки кратера представлен на чертеже

Поэтому в бакалаврской работе необходимо решить следующие задачи:

- 1) обосновать выбор способа сварки продольных швов из алюминиевых сплавов
- 2) обосновать выбор оборудования для сварки продольных швов
- 3) доработать схему управления заваркой кратера
- 4) экономически обосновать проект

## 2. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБО СВАРКИ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1 Анализ способов сварки, уменьшающих размеры сварочного кратера

#### 2.1.1 Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитных газах

Оксидная пленка на алюминии, мешающая сплавлению свариваемых кромок, разрушается без применения флюсов только на поверхности катодного пятна за счет катодного распыления [16, 17]. Оксидная пленка разрушается при сварке на постоянном токе обратной полярности. При сварке на постоянном токе на электроде выделяется большое количество тепла, тем самым идет интенсивное расплавление вольфрама.

При сварке на прямой полярности пленка оксидов не разрушается, вследствие чего сплавление свариваемых кромок затруднено и получить сварное соединение высокого качества не представляется возможным. В связи с этим дуговую сварку алюминия и его сплавов неплавящимся электродом в среде защитных газов выполняют на переменном токе [16, 17].

Для данного способа сварки необходимы источники питания переменного тока с круто падающей вольт-амперной характеристикой, т.к. в конце сварного шва необходимо будет постепенное уменьшение сварочного тока для уменьшения размеров сварочного кратера (рис. 1.8), так же размеры кратера можно уменьшить увеличивая скорость сварки или длину сварочной дуги. Схема сварки неплавящимся вольфрамовым электродом представлена на рисунке 2.1.

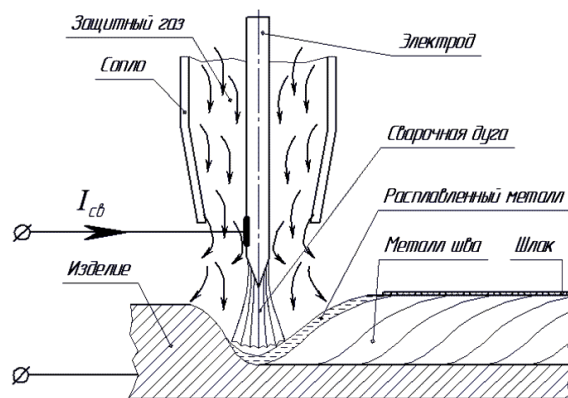


Рисунок 2.1 Схема сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в среде защитных газов

Плюсами данного способа сварки являются большая номенклатура предоставляемых источников питания и приспособлений к ним. Так же стоит отметить высокую устойчивость дуги независимо от рода тока (полярности). С помощью присадочной проволоки можно менять химический состав сварного шва, а разнообразие сварочных горелок позволяет производить сварку различных профилей.

Недостатками данной сварки стоит отнести низкий КПД источников питания (от 0.4 до 0.55). Так же для начала возбуждения дуги в промежутке между электродом и изделием необходимы дополнительные устройства (осцилляторы). К дополнительному оборудованию относится система охлаждения горелки [12].

### 2.1.2 Автоматическая сварка сжатой дугой неплавящимся вольфрамовым электродом

Данная разновидность дуговой сварки отличается от сварки со свободной дугой строением сварочной горелки, так называемого плазмотрона. Вольфрамовый электрод не имеет вылета и находится в глубине самой горелки (рис 2.2). Сварочная дуга «обжимается» соплом и потоками защитного газа. В горелку подается два независимых потока: плазмообразующий и защитный газы. Они могут быть одинакового состава или различаться [18,32].

За счет отсутствия вылета электрода, горелка находится ближе к свариваемым деталям, идет интенсивное тепловложение и лучшая защита шва. Сварка алюминия происходит за счет катодного распыления на переменном токе.

Заварка кратера при данном способе сварки сводится к постепенному

Плюсами данного способа являются высокая защита шва при минимальном расходе защитного газа, большие скорости сварки, отсутствие присадочной проволоки.

К минусам стоит отнести большой коэффициент разбрызгивания и дорогостоящие сварочные горелки.

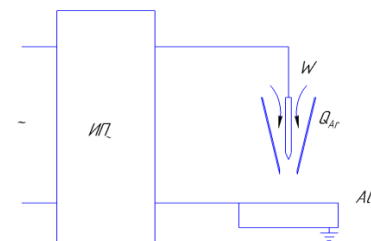


Рисунок 2.2 Схема сварочного поста при сварке сжатой дугой

### 2.1.3 Сварка вольфрамовым электродом в защитных газах в импульсном режиме

Сварка в импульсном режиме представляет собой периодическое воздействие током, на сварной шов. На основной ток сварки накладываются импульсы тока. Во время сварки, в момент когда идет пауза между импульсам в дуговом промежутке горит «дежурная дуга». Оксидная пленка убирается за счет катодного распыления при обратной полярности переменного сварочного тока [12,18,19]

Заварка кратера при сварке в импульсном режиме может производиться за счет изменения длительности импульса в течении времени заварки кратера при неизменном токе (рис. 1.12).

При импульсной сварке возможны другие варианты заварки кратера, такие как: изменение частоты импульса в период заварки; уменьшение амплитуды значения тока импульса, сохраняя частоту неизменной. При

автоматической сварке в импульсном режиме заварку кратера можно произвести за счет увеличения длины дуги [18,19]. Схема сварочного поста показана на рисунке 2.3.

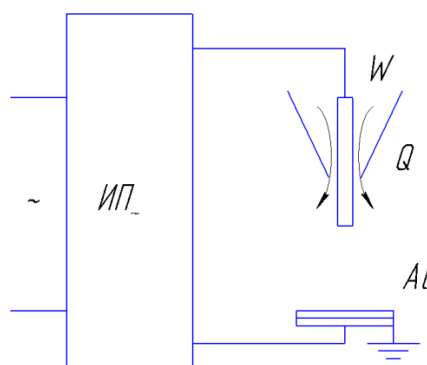


Рисунок 2.3 – Схема сварочного поста при сварке в импульсном режиме  
Таким образом анализ способов заварки кратера показал следующее.

1. При заварке кратера, изменением величины тока, необходимо иметь источники питания в которых есть возможность автоматического и дистанционного управления величиной сварочного тока, к таким источникам питания могут относиться источники переменного тока, в состав которых входят: трансформатор с электромагнитным шунтом, который обладает высокой кратностью регулирования тока ( $K_{\text{рег.}I} \geq 10$ ), либо в состав которых входят трансформаторы с подвижными магнитными шунтами ( $K_{\text{рег.}I} \geq 5$ ) [31].

2. При заварке кратера за счет увеличения скорости сварки необходимо располагать сварочными автоматами в которых предусмотрен широкий диапазон регулирования скорости сварки, такими как АДСВ – 6, где кратность регулирования по скорости примерно равна 30 ( $K_{\text{рег.}v} \approx 30$ )/

3. При заварке кратера за счет изменения длины дуги, сварочные автоматы должны быть снабжены дополнительным приводом перемещения сварочной горелки ( $K_{\text{рег.}L} \approx 3$ ).

Анализ способов сварки, уменьшающих размеры сварочного кратера приведен на чертеже 17.БР.СОМДиРП.500.13.000



## 2.2 Выбор источников питания и автоматов для сварки продольных швов

Рассмотрим источники питания переменного тока для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом, которые серийно выпускает отечественная промышленность, и позволяют плавно регулировать величину тока дистанционно.

РПКО «Электромеханика» (г. Ржев) и завод «Электрик» (г. Санкт-Петербург) серийно выпускают источники питания типа ИПК – 350 – У2 и УДГ – 301 – У2, которые имеют одинаковую принципиальную схему и приведены на рисунке 2.4, технические характеристики приведены в таблице 2.1.

Из таблицы 2.1 следует, что УДГ – 301 и УДГ – 501 имеют коэффициент регулирования тока 20 и 12.5 соответственно, а источники питания ИПК – 120М и ИПК – 350 коэффициенты регулирования 12 и 7.0 соответственно.

Во всех источниках питания регулирование тока и формирование внешней вольтамперной характеристики возложено на трансформатор с электромагнитным шунтом. Форма тока источников питания показана на рисунке 2.5 [12].

Из серии источников питания, описанных выше, для заварки кратера целесообразнее выбрать УДГ – 301, т.к. у него самой большой коэффициент регулирования тока ( $K_{\text{рег}} = 20$ ).

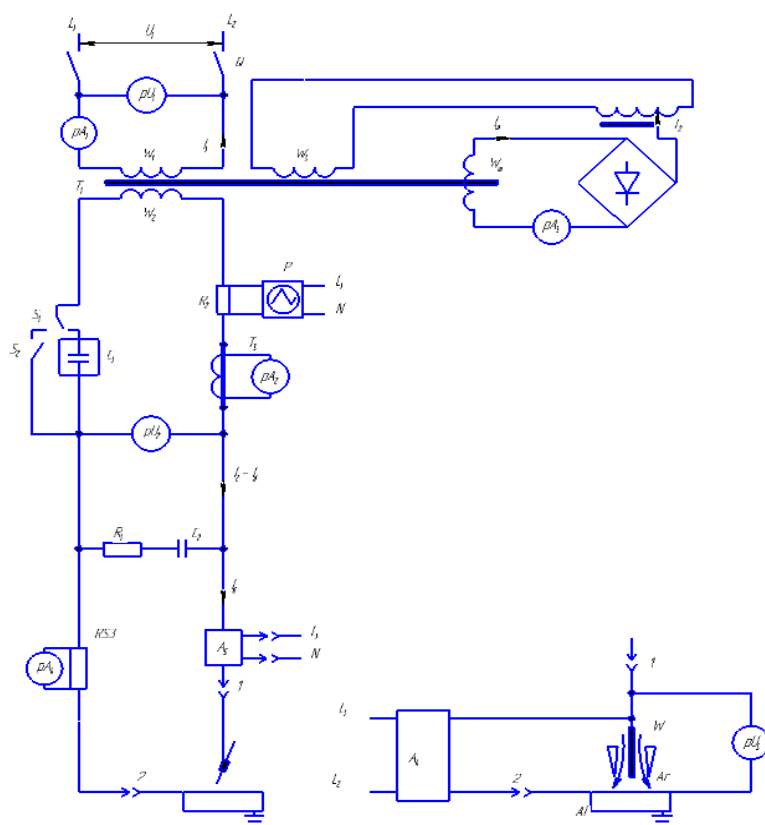


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема установок УДГ – 301 – У2, ИПК – 350 – У2

Таблица 2.1 – Технические характеристики установок УДГ – 301, УДГ – 501, ИПК – 120М, ИПК - 350

Параметры	Тип			
	УДГ - 301	УДГ - 501	ИПК – 120М	ИПК - 350
Напряжение в сети, В	380	380	380	380
Напряжение холостого хода, В	55 - 65	55 - 65	62 - 80	55 – 70
Номинальный сварочный ток, А	300	500	100	300
ПВ, %	65	65	100	65
Предел регулирования сварочного тока, А	15 – 25 24 - 100 98 - 300	40 – 170 450 - 500	100 - 120	50 – 350
$K_{\text{рег}} = I_{\text{min}}/I_{\text{max}}$	20	12.5	12	7.0
КПД, %	59	59	51	54
Изготовитель	завод «Электрик»		РПКО «Электромеханика»	
Конструкция сварочного трансформатора	трансформатор с электромагнитным шунтом			

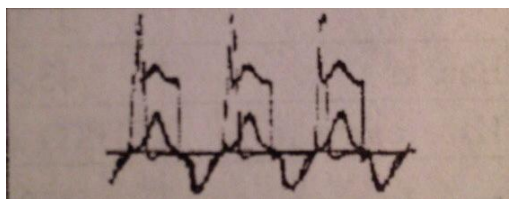


Рисунок 2.5 – Форма тока источников питания с электромагнитным шунтом

РПКО «Электромеханика» выпускает серии источников питания типа ИПД – 300, ИПД – 360 и ИПД – 500, принципиальная схема которых приведена на рисунке 2.6, технические характеристики приведены в таблице 2.2, форма тока показана на рисунке 2.7. Силовая схема этих источников питания обладает трансформатором с подвижным магнитным шунтом, данный тип источников питания имеет коэффициент регулирования сварочного тока от 7.2 до 6.4, что значительно меньше значений УДГ – 301.

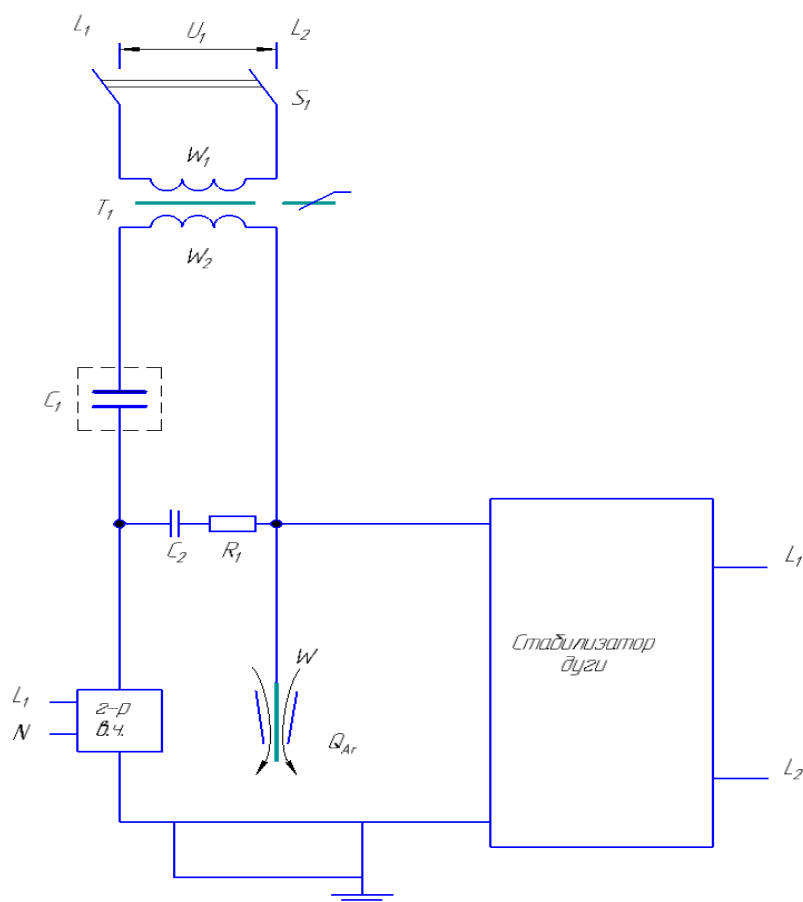


Рисунок 2.6 – Принципиальная схема установок ИПД – 300, ИПД – 360, ИПД – 500

Таблица 2.2 - Технические характеристики установок ИПД – 300, ИПД – 360, ИПД - 500

Параметры	Тип		
	ИПД - 300	ИПД - 360	ИПД - 500
Напряжение в сети, В	380	380	380
Напряжение холостого хода, В	65	72 - 80	75 – 80
Номинальный сварочный ток, А	300	300	500
ПВ, %	65	65	65
Предел регулирования сварочного тока, А	70 - 300	50 - 320	70 - 510
$K_{\text{рег}} = I_{\text{min}}/I_{\text{max}}$	4.3	6.4	7.2
КПД, %	50	50	50
Изготовитель	РПКО «Электромеханик»		
Конструкция сварочного трансформатора	трансформатор с магнитным шунтом		

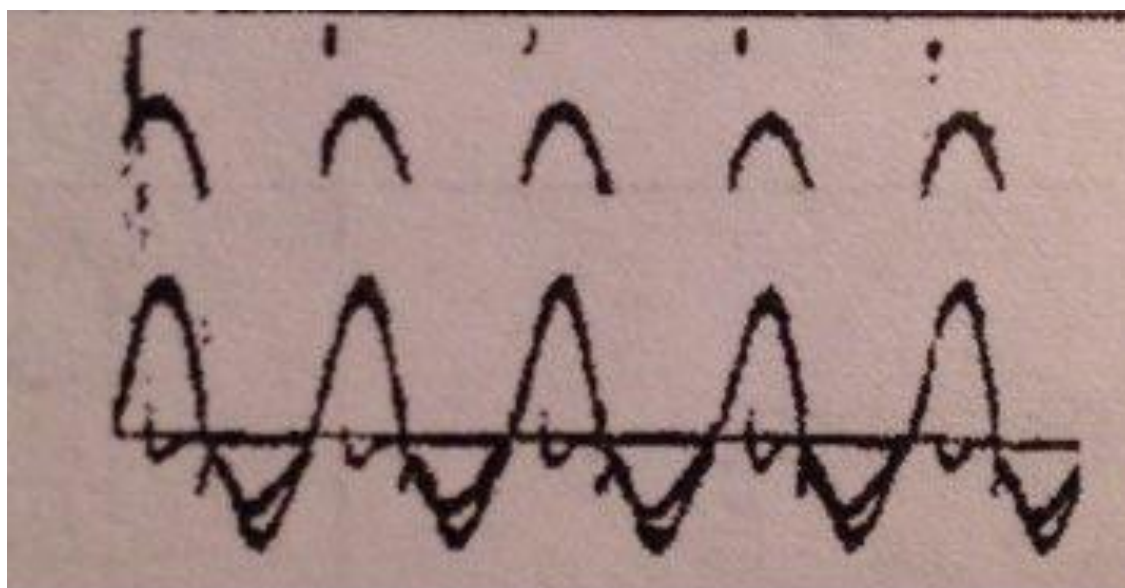


Рисунок 2.7 – Форма тока для источников питания с магнитным шунтом  
 Завод НИКИМТ (г. Москва) серийно выпускает источники питания типа ТИР - 300 с вертикальной внешней вольтамперной характеристикой, кратность регулирования тока которого составляет 30, принципиальная схема данных источников питания показана на рисунке 2.8, технические характеристики такого типа сварочных трансформаторов приведены в таблице 2.3 [12].

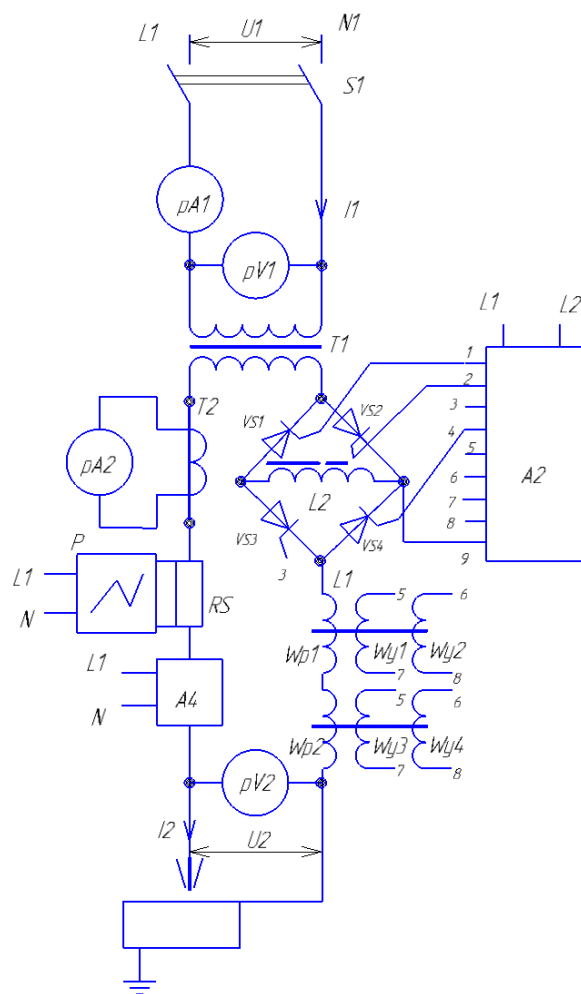


Рисунок 2.8 – Принципиальная схема установки ТИР – 300

Таблица 2.3 – Технические характеристики установки ТИР -300

Параметры	Тип
	ТИР – 300
Напряжение в сети, В	380
Напряжение холостого хода, В	80
Номинальный сварочный ток, А	300
ПВ, %	65
Предел регулирования сварочного тока, А	10 – 300
$K_{\text{рег}} = I_{\text{min}}/I_{\text{max}}$	30
КПД, %	80
Изготовитель	завод НИКИМТ
Конструкция сварочного трансформатора	стержневой трансформатор

Из перечисленных источников питания наибольшим коэффициентом регулирования тока обладает ТИР – 300, однако в последние годы завод

НЕКИМТ прекратил выпуск источников питания. Из вышесказанного следует, что источник питания с наивысшим коэффициентом регулирования на данный момент является УДГ – 301. Однако, чтобы увеличить кратность регулирования тока в других моделях источников питания, таких как ИПК и ИПД, необходимо доработать схемы управления сварочным током.

### 2.3 Доработка схемы управления током сварки

Для увеличения кратности регулировки тока, в таких источниках питания как УДГ – 301, ИПД – 350, разработана схема заварки кратера, представленная на чертеже 17.БР.СОМДиРП.500.15.000.

В цепь обмотки шунта включается дополнительное сопротивление R3 – R12, которое с помощью электропривода переключает величину сопротивлений. «Принцип действия реостата заварки кратера состоит в постепенном уменьшении тока дуги, во время которого в кратер наплавляется металл, создавая усиление шва, в результате которого оказавшиеся включения всплывают, а снижение тока дуги уменьшает тепловложение до минимального, а затем отключается» [20].

«Конструктивно реостат заварки кратера выполнен отдельным блоком и состоит из следующих узлов [20]»:

- электропривод – двигатель постоянного тока (М) независимого возбуждения (ОВМ) и редуктор;
- плата изоляционного материала, на которой по окружности смонтированы двенадцать плоских металлических (латунных) пластин – ламелей, каждая из которых с обратной стороны платы имеет электрический вывод в виде шпильки для подсоединения проводов; в центре платы смонтировано сплошное латунное кольцо;
- подвижный кронштейн – контакт установлен на выходном валу редуктора и жестко с ним связан; подвижный контакт одним концом скользит по ламелям, а другим – по сплошному кольцу на плате; через подвижный контакт осуществляется подвод напряжения к резисторам и переключение сопротивления;

- набор резисторов из нихрома, снабженных контактными хомутами для секционирования сопротивлений; хомуты соединены проводами со шпильками ламелей;

- на кронштейне, крепящем плату, смонтирована кнопка управления, предназначенная для проверки работы электропривода;

- на плате напротив первой и двенадцатой ламелей установлены конечные (путевые) выключатели S3 и S4.

«Сопротивление реостата включается последовательно в цепь обмотки подмагничивания сварочного трансформатора, как показано на рисунке 2.9» [20].

«В исходном состоянии перед сваркой подвижный контакт находится на первой ламели, и шток конечного выключателя S4 нажат так, что его замыкающий контакт в цепи лампы Н замкнут, а размыкающий в цепи катушки реле K2 – разомкнут. Лампа Н, расположена на шкафе управления сварочного автомата, если она горит. Это означает, что реостат (его движок) находится в нужном положении» [20]. Внешний вид реостата показан на рисунке 2.10.

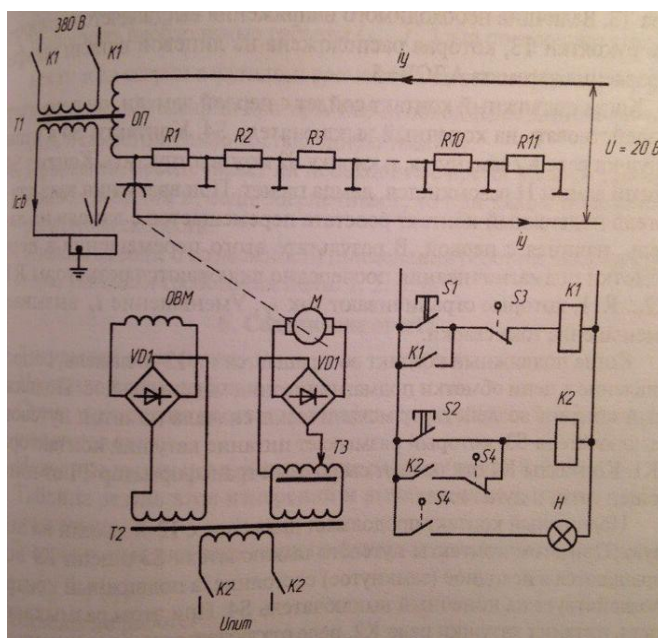


Рисунок 2.9 – Принципиальная схема работы реостата заварки кратера

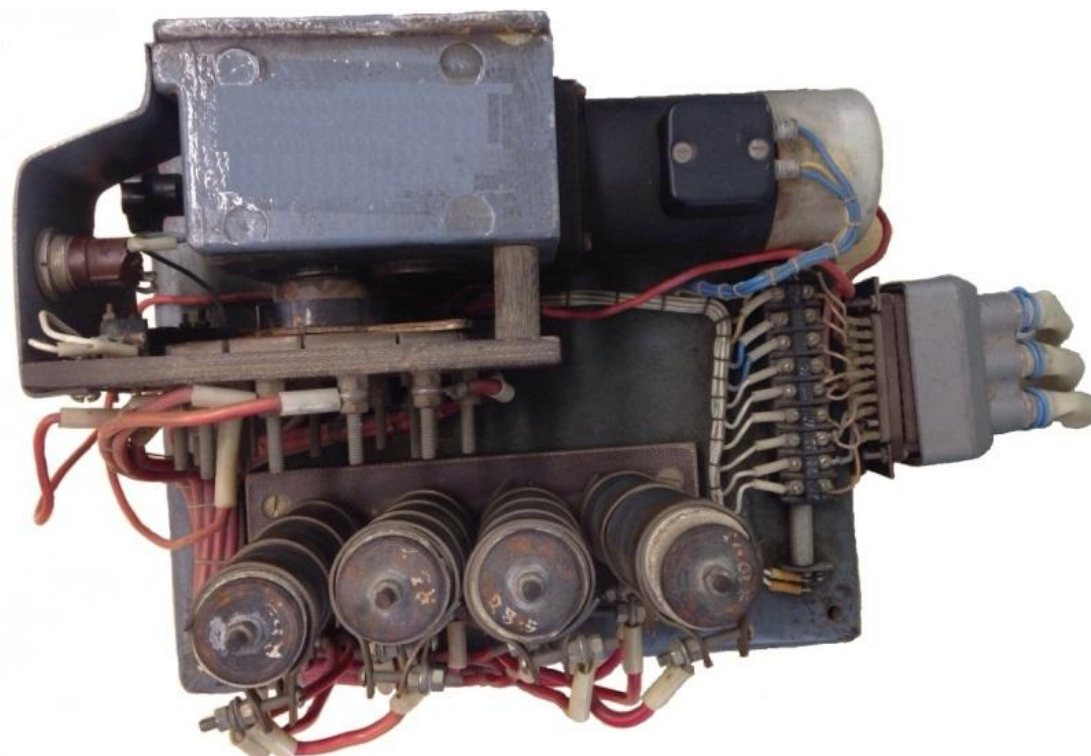


Рисунок 2.10 – Внешний вид реостата заварки кратера

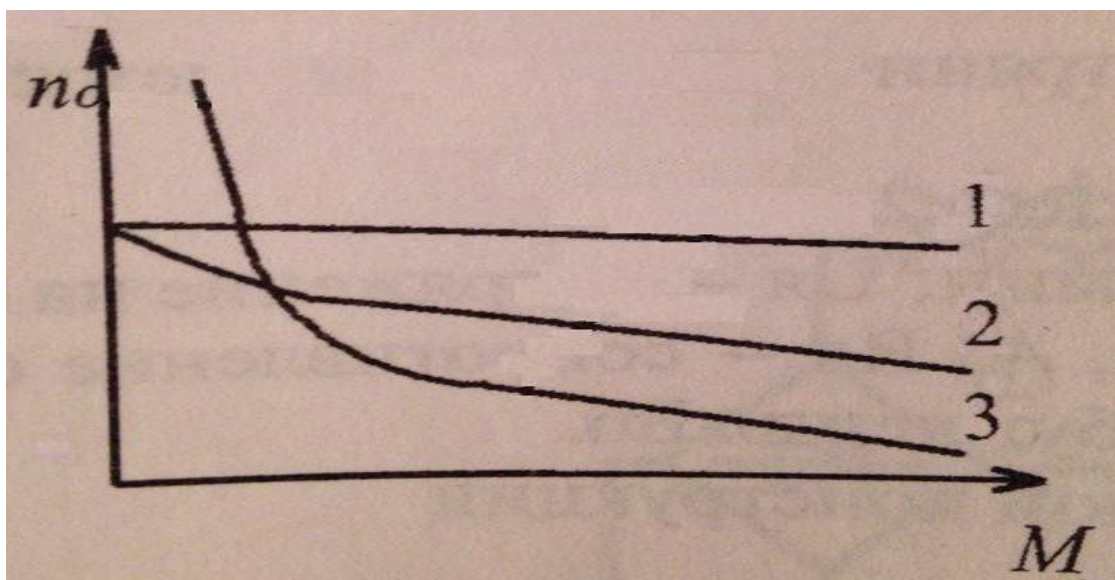
#### 2.4 Доработка схемы управления скоростью сварки

Для увеличения кратности регулирования скорости сварки необходимо в схеме управления двигателя постоянного тока предусмотреть специальные элементы. Известно, что двигатель постоянного тока выпускается 3-х видов: с последовательной, параллельной и независимой обмотками [21].

Самый большой диапазон регулирования скоростью обеспечивает двигатель с независимой обмоткой возбуждения (СД – 75). За ним следует двигатель с последовательной обмоткой возбуждения (МУ – 320, Д – 12ТФ) [21].

Одной из основных характеристик двигателя является его механическая характеристика ( рис. 2.10), отражающая зависимость скорости вращения  $n$  от момента  $M$  нагрузки на валу двигателя  $n = f(M)$  [21].





1 – характеристика двигателя постоянного тока с независимой обмоткой возбуждения; 2 – характеристика двигателя постоянного тока смешанного возбуждения; 3 – характеристика двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

Рисунок 2.11 – Механические характеристики двигателя

Наибольший диапазон изменения скорости можно получить, изменяя величину напряжения якоря с помощью различных усилителей: тиристорных, магнитных и электромашинных. На рисунке 2.11 показана схема управления скоростью при включении регулируемых сопротивлений цепи якоря двигателя с независимым возбуждением [21].

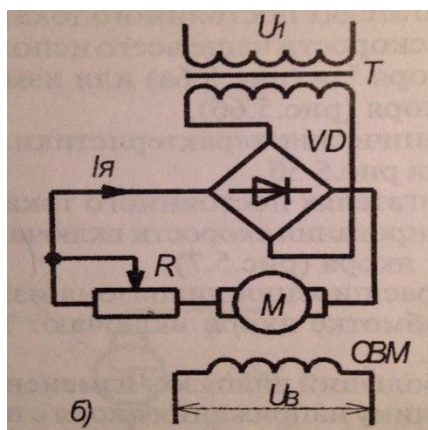


Рисунок 2.12 – Принципиальная схема управления скоростью двигателя с независимой обмоткой возбуждения

Для увеличения диапазона изменения скорости двигателя, параллельно обмотке якоря включают дополнительное сопротивление R2 (рис. 2.12).

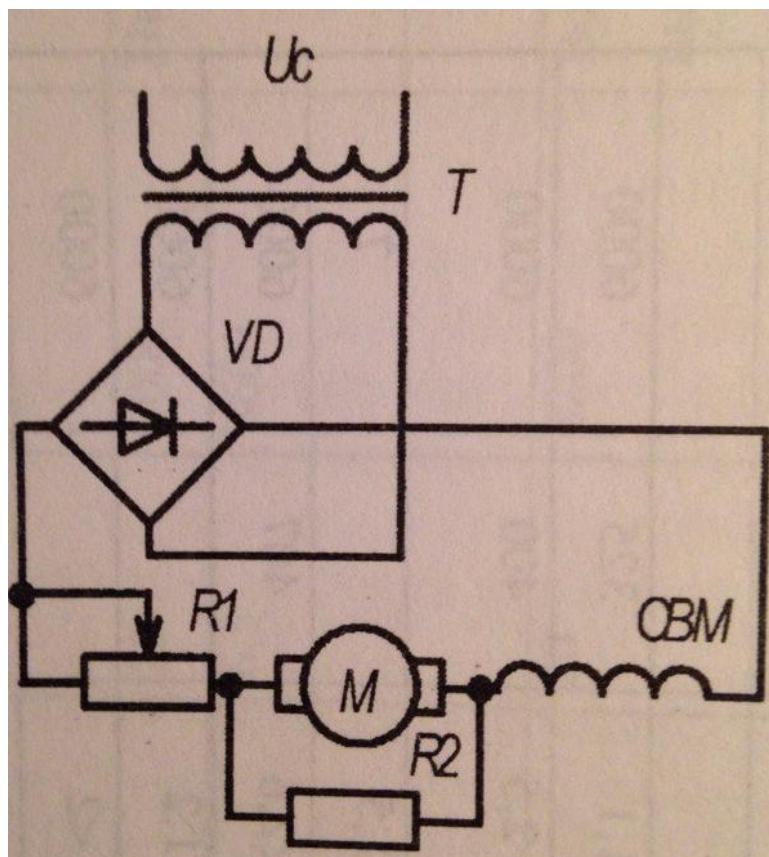


Рисунок 2.13 – Принципиальная схема управления скоростью двигателя с последовательным возбуждением

Из вышесказанного следует, что заварку кратера с учетом многообразия способов сварки продольных швов целесообразнее проводить за счет изменения величины сварочного тока, расширяя коэффициент регулируемости тока специальным устройством (реостат заварки кратера).

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРУБЫ ИЗ СПЛАВА АМГЗ

Все операции производить в защитных перчатках, при работе с химическими веществами обязательно одевать защитную маску, не допускать попадания реагентов на открытые участки кожи. Электрическое оборудование должно быть заземлено, запрещается включать оборудование, если нет заземления. Сварку производить в специальной сварочной маске. Контроль сварных соединений производить после полного остывания изделия.

#### 3.1 Разметка листа сплава АМГЗ

Разметка производится на листе из сплава АМГЗ с размерами  $2000 \times 1000 \times 0,8$  мм [22]. Разметка может производиться при помощи разметочных приспособлений: чертилка, линейка, карандаш, метчик. На листе размечаются контуры заготовки под трубу, размерами  $500 \times 190$  мм (рис. 3.1). Разметку производить на лицевой стороне листа, по всей площади.

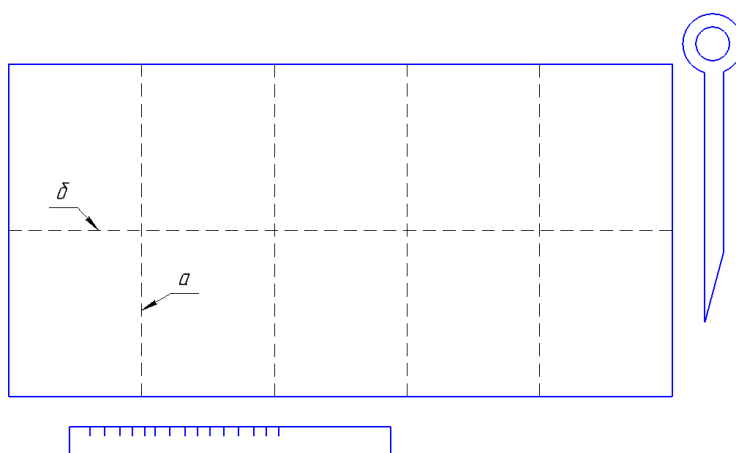


Рисунок 3.1 Эскиз операции разметки

#### 3.2 Разрезка листа

Разрезку производить по разметочным контурам на гильотинных ножницах НМТ-1252. Сначала лист разрезается по контурам а, затем полученные листы разрезаются по контурам б (рис. 3.2). Полученные заготовки складываются на подставки и погрузчиком отправляются на вальцовку. Остатки складываются в тару для последующей переработки. Не допускается наличие заусенцев на торцах заготовок. Заусенцы удаляются механическим способом,

при помощи ножниц по металлу или напильником. Максимальное отклонение от размеров при разделке 1 мм.

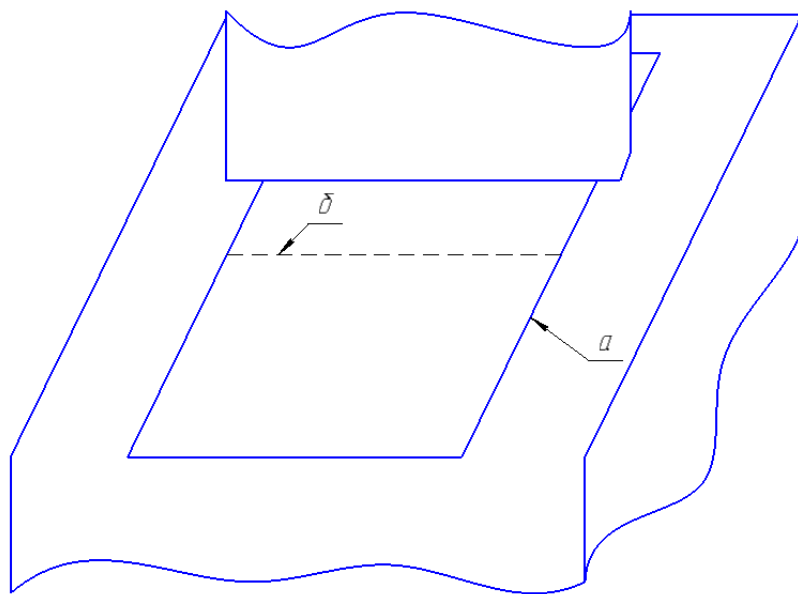


Рисунок 3.2 – Эскиз операции разрезки листа

### 3.3 Вальцовка заготовок

Полученные листы отправляются на трехвальный стан для получения формы будущей трубы. Вальцовку производить без предварительного подогрева. Диаметр загиба 60 мм. Вальцовку производить по всей длине (рис 3.3). После операции заготовки поместить в тару для отправки на операцию обезжиривания.

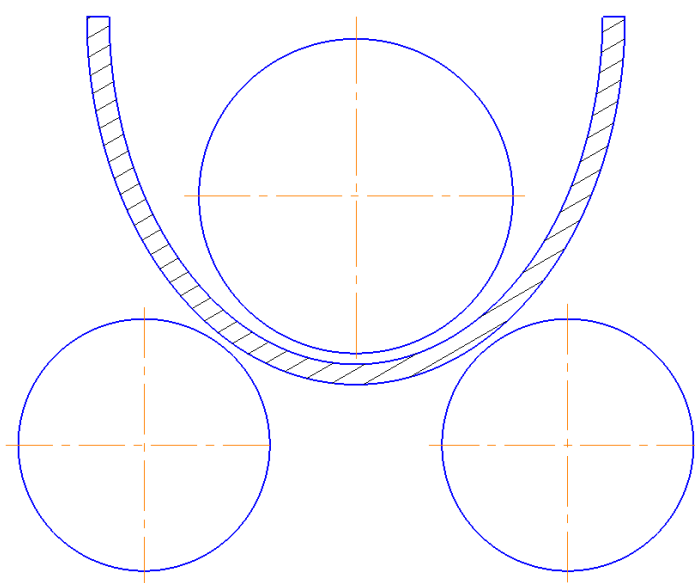


Рисунок 3.3 – Эскиз операции вальцовки

### 3.4 Обезжиривание заготовок и присадочной проволоки

Заготовки и присадочную проволоку АК-5 перед операцией сварки необходимо очистить от загрязнений, для этого их погружают в ёмкость с раствором гидроксида натрия (10 грамм NaOH на один литр воды), температура раствора 60-70 °С, время выдержки 15 минут (рис 3.4) [23].

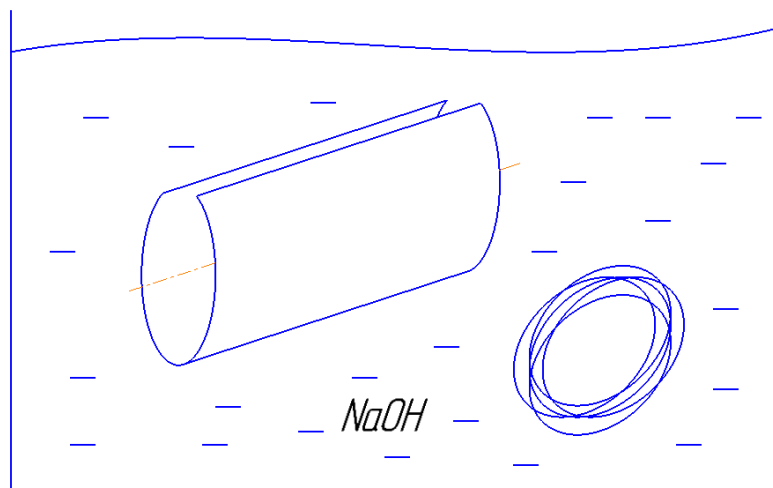


Рисунок 3.4 – Эскиз операции обезжиривания

### 3.5 Химическое травление

Для удаления оксидной пленки, заготовки и присадочную проволоку АК-5 погружают в 5%-й водный раствор гидроксида натрия (KOH), разогретого до 60-70°С. Выдержку заготовок производить в течении 2-4 минут (рис. 3.5) [23]

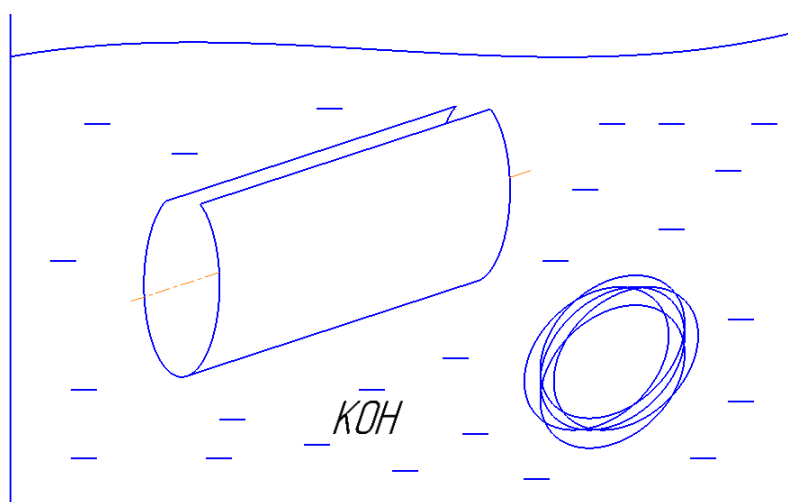


Рисунок 3.5 – Эскиз операции травления заготовок и присадочной проволоки

### 3.6 Смывка химических реагентов

Заготовки и присадочная проволока, прошедшие травление, отправляются в помещение для очистки от химических реагентов. Помещение должно быть оборудовано бесконтактными приспособлениями для смывки веществ. Обмывку производить горячей водой в течении 3-4 минут, температура воды не ниже 50°C, затем промывать холодной водой минут (рис 3.6) [23]. Не допускается нахождение людей в помещении во время смывания химических веществ.

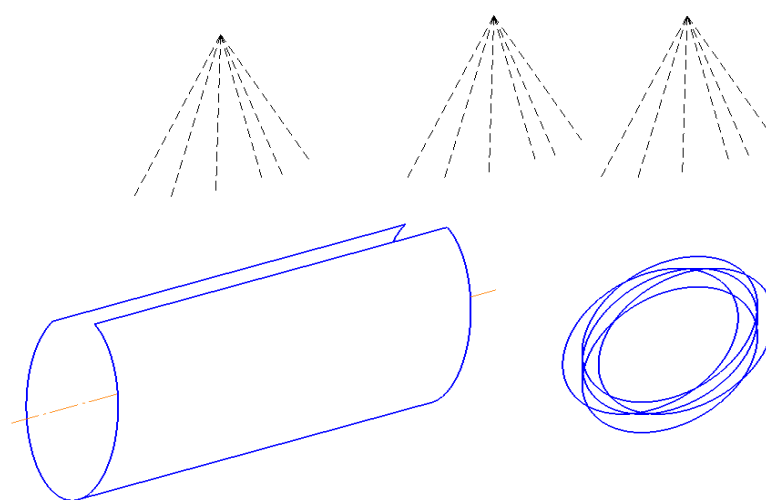


Рисунок 3.6 – Эскиз операции смывки реагентов

### 3.7 Осветление алюминия

После операции травления необходимо удалить налет, оставшийся от химических реагентов. Для этого заготовки и проволока помещаются в 15%-й водный раствор азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), температура раствора 60-70°C, время выдержки 4-5 минут минут (рис 3.7) [23].

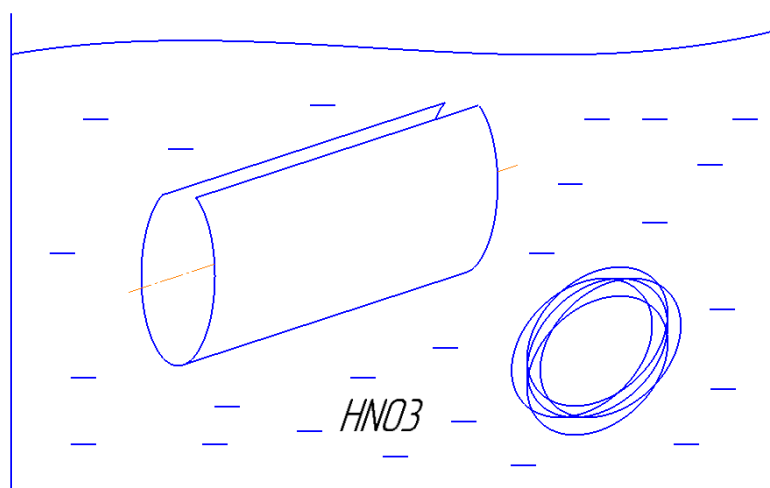


Рисунок 3.7 – Эскиз операции осветления алюминия

### 3.8 Смывка химических веществ

Заготовки и присадочная проволока, прошедшие операцию осветления, отправляются в помещение для очистки от химических реагентов. Обмывку производить горячей водой в течении 3-4 минут, температура воды не ниже  $50^{\circ}C$ , затем промывать холодной водой (рис 3.8). Не допускается нахождение людей в помещении во время смывания химических веществ.

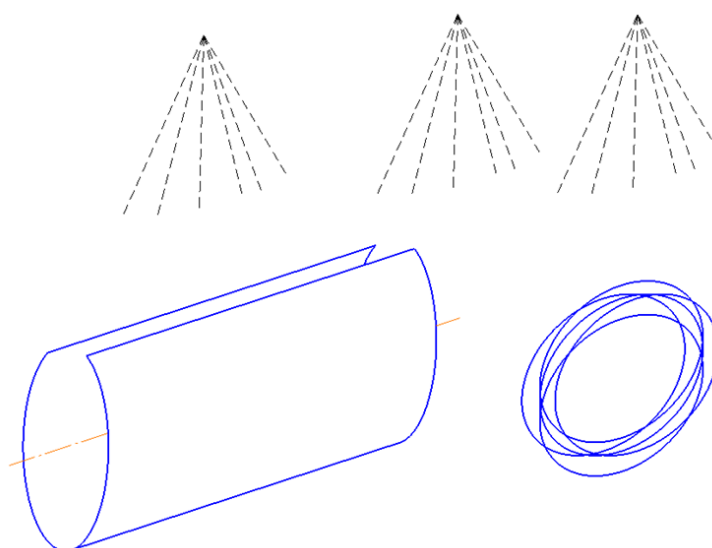


Рисунок 3.8 – Эскиз операции смывки химических веществ

### 3.9 Пассивирование заготовок

Пассивирование производить в 20%-ном растворе азотной кислоты ( $HNO_3$ ), нагретым до температуры  $60-70^{\circ}C$ , время выдержки 15 минут [23].

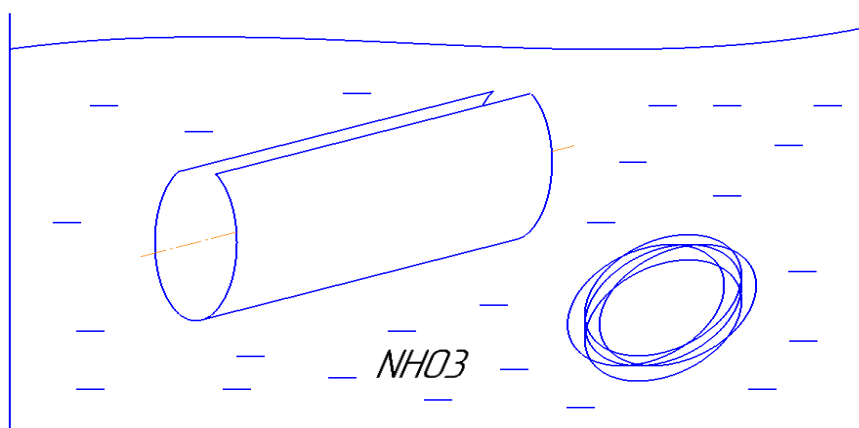


Рисунок 3.9 – Эскиз операции пассивировки

### 3.8 Смывка химических веществ

После пассивирования заготовки и проволока отправляются в помещение для очистки от химических реагентов. Обмывку производить горячей водой в течении 3-4 минут, температура воды не ниже 50°C, затем промывать холодной водой [23]. Не допускается нахождение людей в помещении во время смывания химических веществ.

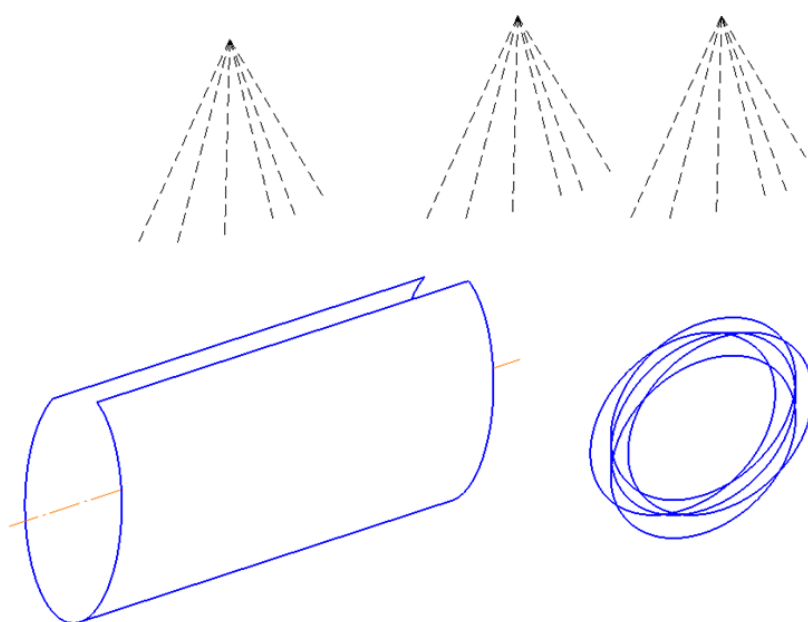


Рисунок 3.8 – Эскиз операции смывки химических веществ

### 3.9 Сушка заготовок

Перед началом сварки заготовки и проволока просушиваются в сушильной камере с температурой окружающей среды 40-50°C, в течении 15



минут для полного удаления влаги с поверхности. В помещении в обязательном порядке должны присутствовать вытяжки для удаления паров воды. После сушки произвести сварку деталей в течении 2-3 часов [23]. Не допускается нахождение человека в помещении сушильной камеры во время сушки заготовок.

### 3.10 Сборка с прихваткой

Приварка прихваток производить модифицированной сварочной установкой УДГ-301-У2 в схему которой был включен реостат заварки кратера, присадочной проволокой подготовленной к сварке не более 2-3 часов назад. Перед началом приварки прихваток, кромки выравнивают по уровню, стыки должны быть выравнены и подогнаны по ГОСТ 14771-76 – С2 [24]. Приваривать 4 прихватки, начиная с торцевой части, расстояние между прихватками 125 мм (рис. 3.9). Диаметр присадочной проволоки 1 мм, диаметр вольфрамового электрода 1,6 мм. Скорость подачи проволоки примерно должна быть равна 15 м/ч. Расход аргона равен 5 л/мин. Приварка производится в нижнем положении с силой тока 50-70 А, напряжение 20 В. Длина прихваток 10-15 мм, ширина прихватки 2 мм. После приварки прихваток проконтролировать диаметр трубы.

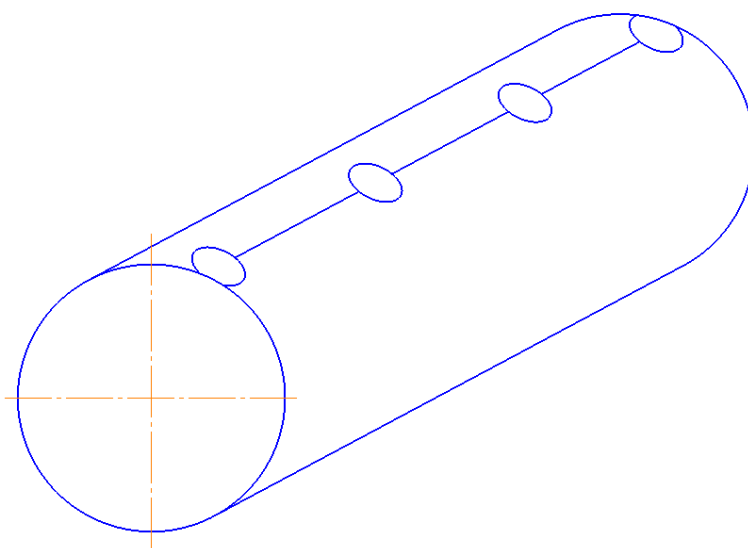


Рисунок 3.9 – Эскиз операции сборки с прихваткой

### 3.11 Сварка продольного шва

Сварка шва производится на том же оборудовании и на тех же режимах, что были применены при приварке прихваток. Сварка может начинаться с любой стороны. Сварку производить на медной или флюсовой подкладке. Сварка производится в нижнем положении в соответствии с ГОСТ 14771 – 76 – С2 [24]. Перед окончанием шва сварщик включают реостат заварки кратера и происходит заварка кратера плавным уменьшением сварочного тока.

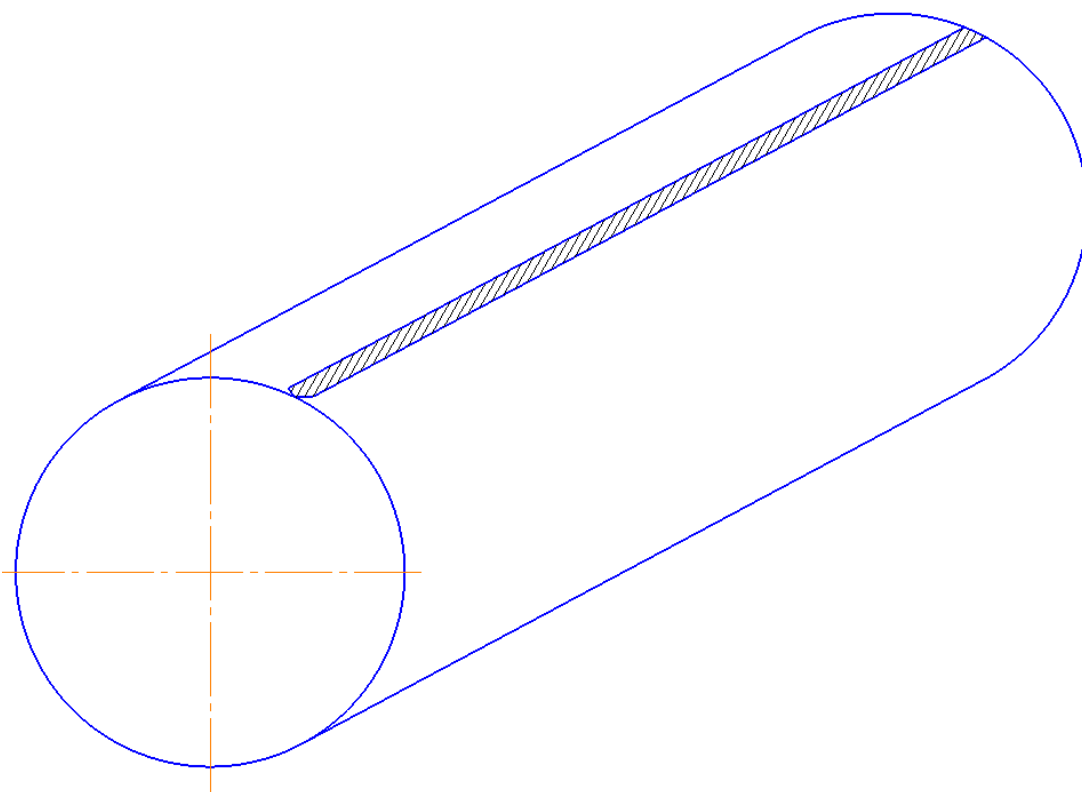


Рисунок 3.10 – Эскиз операции сварки продольного шва

### 3.12 Визуальный контроль детали

После полного остывания, сварной шов проверяется дефектоскопистом на наличие непроваров, прожогов и других дефектов сварного соединения (рис. 3.11) [25]. После заключения о годности сварного шва, проверяются геометрические параметры детали. Отклонения по диаметру не более  $\pm 0,5$  мм, по длине не более  $\pm 0,5$  мм.

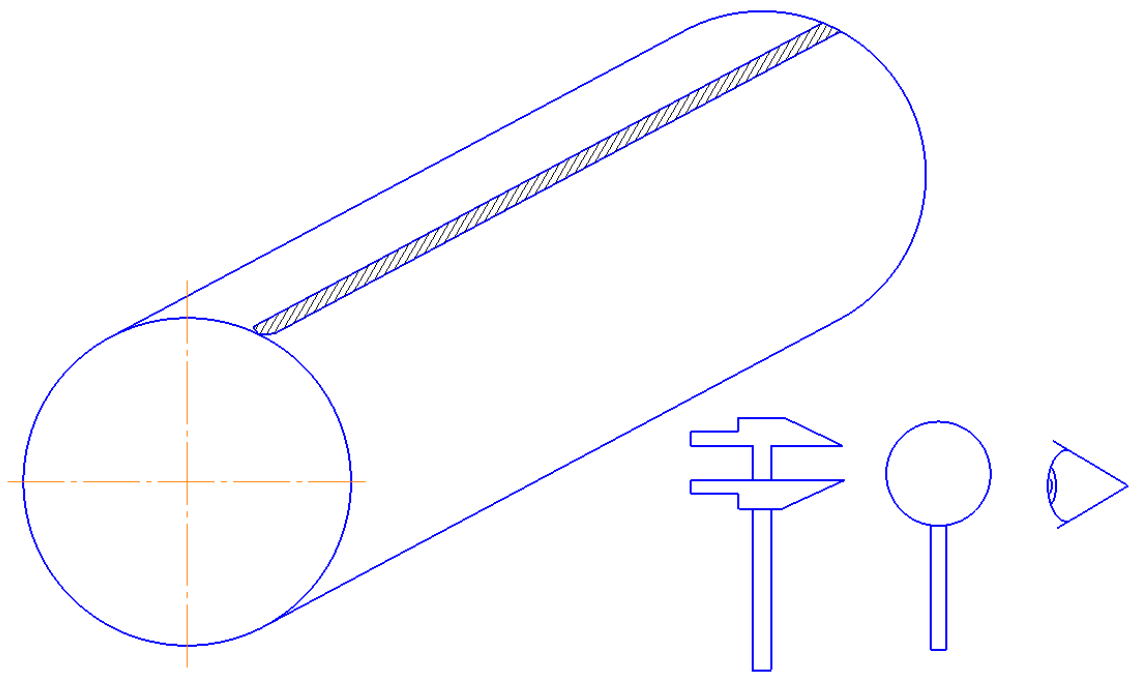


Рисунок 3.11 – Эскиз операции визуального контроля детали

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 4.1 Технологическая характеристика объекта

При производстве трубы из алюминиевого сплава с применением сварки неплавящимся вольфрамовым электродом предусматриваются следующие операции:

- разметка листа
- разрезка листа на заготовки
- вальцовка листов
- подготовка кромок (травление)
- сборка с прихватками
- сварка
- контроль качества

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологически процесс операции	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Разметка	Разметка листа сплава АМгЗ	Разметчик	Линейка, чертилка, штангенциркуль, карандаш	Вода, ветошь, стёрка
2	Разрезание листа	Разрезание листов по намеченным контурам	Слесарь-сборщик	Гильотинные ножницы	Гидравлическая жидкость

Продолжение таблицы 4.1

3	Вальцовка	Вальцовка листов, придание формы трубы	Слесарь - сборщик	Вальцы	Гидравлическая жидкость, ветошь
4	Подготовка кромок (травление)	Травление кромок перед сваркой	Слесарь - сборщик	Защитная маска, защитные перчатки	5%-й раствор NaOH, ветошь
5	Сборка с прихваткой	Приварка прихваток к свариваемым кромкам	Сварщик	Сварочная установка УДГ-301-У2	Присадочная проволока
6	Сварка	Сварка продольного шва	Сварщик	Сварочная установка УДГ-301-У2	Присадочная проволока
7	Контроль качества	Визуальный контроль качества сварного шва	Дефектоскопист	Лупа, УШС-2	Вода, ветошь

Таблица 4.2 - Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция,	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
-------	---	--	--

1	Разметка листа сплава АМгЗ	-острые инструменты -заостренные кромки, заусенцы	штангенциркуль, линейка, чертилка
2	Разрезание листов по намеченным контурам	- заостренные кромки, заусенцы и неровности на поверхности - острые инструменты - движущиеся механизмы машины, подвижные части - высокое напряжение - повышенные шум при работе оборудования	гильотинные ножницы
3	Вальцовка листов, придание формы трубы	- движущиеся механизмы машины, подвижные части - высокое напряжение	вальцовочная машина
4	Травление кромок перед сваркой	- химические реагенты - ядовитые испарения	5%-й раствор NaOH
5	Сборка с прихваткой	- высокие значения напряжения - большая температура сварочной дуги и околошовной зоны - повышенный уровень ультрафиолетового излучения - повышенный уровень электромагнитного излучения -повышенное содержание аргона в атмосфере	сварочная установка УДГ-301-У2

6	Сварка продольного шва	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокие значения напряжения</li> <li>- большая температура сварочной дуги и околошовной зоны</li> <li>- повышенный уровень ультрафиолетового излучения</li> <li>- повышенное содержание защитного газа (аргон) в атмосфере</li> <li>- повышенный уровень электромагнитного излучения</li> <li>- повышенный шум при работе оборудования</li> </ul>	сварочная установка УДГ-301-У2
7	Визуальный контроль качества сварного соединения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная температура в околошовной зоне</li> </ul>	сварное соединение

Таблица 4.3 – Методы и средства воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно- технические методы и технические средства защиты, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	острые инструменты	инструктаж по технике безопасности	защитные перчатки, защитные очки

2	заостренные кромки, заусенцы и неровности на поверхности	инструктаж по технике безопасности	спецодежда, защитные перчатки, защитные очки
3	движущиеся механизмы машины, подвижные части	Ограждение опасной зоны, специальные надписи, покраска опасных зон	защитная каска, защитные перчатки
4	высокое напряжение	инструктаж по технике безопасности, заземление машин работающих от сети, проверка изоляции проводов	
5	повышенные шум при работе оборудования	периодические перерывы в работе оборудование, отдаление установок от мест отдыха рабочих	беруши
6	химические реагенты	ограниченное время работы с химическими веществами	защитная маска, защитные перчатки
7	ядовитые испарения	ограниченное время работы с химическими веществами, проветривание помещений	защитная маска, защитные перчатки
8	большая температура сварочной дуги и околошовной зоны	инструктаж по технике безопасности	защитная одежда, защитные перчатки
9	повышенный уровень ультрафиолетового излучения	экранирование, ограниченное время работы с оборудованием	защитная одежда, защитная маска



Продолжение таблицы 4.3

10	повышенное содержание защитного газа (аргон) в атмосфере	инструктаж по технике безопасности, проветривание помещений	
11	повышенный уровень электромагнитного излучения	Экранирование, ограниченное время работы с оборудованием	

Таблица 4.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы	Сопутствующее проявления факторов пожара
1	Участок сварки продольных швов	Сварочная установка УДГ-301-У2	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Поток повышенной температуры, искры, пламя, снижение видимости в дыму, содержание продуктов горения, понижение концентрации кислорода	Замыкание напряжения в токопроводящих элементах сварочной установки, термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связи и оповещение
Огнетушитель ОП-5, ящик с песком	Автомобиль комбинированного тушения ЗИЛ-433112	Пенная система пожаротушения	Пожарная сигнализация	Пожарный шкаф, пожарный щит	Противогаз, респиратор, веревка	Топор, лопата, багор	Датчик и огня и дыма, сирена

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) 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	проведение обучения рабочего персонала по предотвращению пожаров и возникновения пожароопасных ситуаций,	Участок должен быть укомплектован средствами первичного тушения пожара

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Сварка продольного шва	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы, отработанный газ аргон, тяжелые частицы	химические реагенты для травления сварных кромок	металлолом, бытовой мусор, упаковка от проволоки

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка продольного шва
Мероприятие по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установка специальных вытяжек с фильтрами над местом проведения сварки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Установка специальных контейнеров для вывоза химических отходов, проведение инструктажа с персоналом о переработке химических веществ
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка контейнеров для вывоза мусора и остатков от производства, проведение инструктажа с персоналом о рассортировке остатков от производства и прочего мусора

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные факторы, присутствующие при производстве продольных швов на деталях из сплава АМгЗ.

Сделан анализ возможностей их предотвращения или уменьшения их воздействия на рабочий персонал и окружающую среду. Так же было показано, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности, рабочий персонал может быть защищен от опасных факторов производства.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется. Имеет место угроза для экологической безопасности. Необходимо соблюдать крайнюю осторожности при использовании химических реагентов.

## 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

### 5.1 Исходные данные для расчетов

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварка плавлением производится вольфрамовым электродом с присадочной проволокой АК-5 в защитном газе (аргон), используется сварочная установка УДГ - 301 и сварочная горелка АРГ-150. Конец сварного шва выводится на технологическую планку. После сварки планка удаляется. Метод экономически неэффективным в следствии затрат на приварку и удаление технологических планок.	Сварка производится аналогичным оборудованием, но кратер шва уменьшается из-за включения в схему реостата заварки кратера, который изменяет параметры режима сварки в конце сварного шва. Данный способ позволяет не использовать технологические планки, тем самым удешевляя производство изделия.

Таблица 5.2 – Исходные данные по проекту

№	Наименование показателей	Базовый вариант	Проектный вариант
1	Цена 1 кг материала изделия сплав АМгЗ	264 руб./кг	264 руб./кг
2	Цена 1 кг сварочной проволоки АК-5	300 руб./кг	300 руб./кг
3	Цена сварочного оборудования: - сварочной установки УДГ - 301 - горелка АРГ-150 - реостат заварки кратера	75000 руб. 900 руб. -	75000 руб. 900 руб. 5000 руб.

Продолжение таблицы 5.1

4	Цена выводной планки	0,5 руб.	-
5	Цена пилы торцовочной Корвет - 413	7700 руб.	-
6	Разряд сварщика	4	4
7	Часовая тарифная ставка	122,47 руб./ч	122,47 руб./ч
8	Отчисления на социальные нужды	26,2%	26,2%
9	Норма амортизации на оборудование	24%	24%
10	Норма амортизационных отчислений на здания	3%	3%
11	Норма расхода энергии на 1 м сварного шва	0,13 кВт	0,13 кВт
12	Норма расхода материала на 1 изделие	0,205 кг	0,2 кг
13	Норма расхода аргона	5 л/мин	5 л/мин
14	Цена 1 л аргона	19 руб.	19 руб.
15	Цена 1 кВтч электроэнергии	2,2 руб.	2,2 руб.
16	Площадь, занимаемая сварочным оборудованием	1,5 м <sup>2</sup>	1,5 м <sup>2</sup>
18	Коэффициент транспортно- заготовительных расходов	1,16	1,16
19	Сила сварочного тока	120А	120 А
20	Напряжение на дуге	20 В	20 В
21	Скорость подачи проволоки	40 м/ч	40 м/ч

## 5.2 Расчет нормы штучного времени на выполняемые технологические операции

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п}, \quad (5.1)$$

где  $t_{n-з}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{n-з} = 0,05\%$  от  $t_0$ ;

$t_0 = t_{м}$  – основное (машинное) время;

$t_в$  – вспомогательное время  $t_в = 5-25\%$  от  $t_0$ , в зависимости от особенностей технологического процесса;

$t_{отл}$  – время на отдых и личные надобности  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_0$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания рабочего места  $t_{обсл.} = 8\%$  от  $t_0$ ;

$t_{н.п}$  – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом.

Таблица 5.3 – Продолжительность технологического процесса  
Базовый вариант

Операции	$t_{n-з}$	$t_0$	$t_в$	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{н.п}$	$t_{шт}$
Сборочная	0,1 с	3 мин	18 с	9 с	14 с	1 мин	4 мин 41,1 с
Сварочная	0,2 с	5 мин	30 с	15 с	24 с	1 мин	7 мин 9,2 с
Мех. обработка	0,1 с	3 мин	18 с	9 с	14 с	1 мин	4 мин 41,1 с
Итого:	0,4 с	11 мин	1 мин 6 с	33 с	52 с	3 мин	15,5 мин

## Проектный вариант

Операции	$t_{n-3}$	$t_0$	$t_{в}$	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{н.п}$	$t_{шт}$
Сборочная	0,03 с	1 мин	6 с	3 с	4,8 с	1 мин	2 мин 13,83 с
Сварочная	0,14	4 мин 27 с	27 с	13,5 с	21,6 с	1 мин	7 мин 2,24 с
Итого	0,185 с	6 мин	36 с	18 с	28,8 с	3 мин	9,3 мин

## 5.3 Капитальные вложения в оборудование

## 5.3.1 Общие капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}}, \quad (5.2)$$

где:  $K_{\text{пр}}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, рассчитывается по формуле (5.3).;

$K_{\text{соп}}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, рассчитывается для проектного вариант по формуле (5.7).

Базовый вариант:  $K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} = 62700$  руб.

Проектный вариант:  $K_{\text{общ}} = 49187 + 3948,1 = 53135,1$  руб.

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} * k_3, \quad (5.3)$$

где  $\sum \Pi_{\text{об}}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования, рассчитывается по формуле (5.5).

Базовый вариант:

Суммарная цена оборудования:

$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} = 62700$  руб., так как нету сопутствующих капитальных вложений

$$K_{\text{пр}} = 83600 * 0,76 = 62700 \text{ руб}$$

$$\sum \Pi_{\text{об}} = 75000 + 900 + 7700 = 83600 \text{ руб.}$$



Количество единиц оборудования:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.4)$$

Программа выпуска изделий, шт.:  $N_{пр} = 20000$  шт.

Штучное время на изготовление одного изделия, мин.:  $t_{шт} = 15,5$  мин.

Эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час:

$$\Phi_{эф} = 1700 \text{ ч.}$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{20000 * 15,5}{1700 * 60} = 3,039$$

Коэффициент загрузки сварочного оборудования

$$k_z = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.5)$$

$$k_z = \frac{3,039}{4} = 0,76$$

Фонд времени работы сварочного оборудования

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.6)$$

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

(0,06).

$$\Phi_{эф} = (365 - 120 - 19) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1700 \text{ ч.}$$

Проектный вариант:

$$\text{Кобщ} = 73780,8 + 4017,4 = 77798,2 \text{ руб.}$$

$$K_{пр} = 80900 * 0,912 = 73780,8 \text{ руб.}$$

Суммарная цена оборудования:

$$\Sigma C_{об} = 75000 + 900 + 5000 = 80900 \text{руб.}$$

Количество единиц оборудования:

$$\text{Программа выпуска изделий, шт.: } N_{пр} = 20000 \text{ шт.}$$

Штучное время на изготовление одного изделия, мин.:  $t_{шт} = 9,2$  мин.

Эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час:

$$\Phi_{эф} = 1700 \text{ ч.}$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{2000 \cdot 9,2}{1700 \cdot 60} = 1,824$$

Коэффициент загрузки сварочного оборудования

$$k_з = \frac{1,824}{2} = 0,912$$

Фонд времени работы сварочного оборудования

$$\Phi_{эф} = (365 - 120 - 19) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1700 \text{ч.}$$

Сопутствующие капитальные вложения:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.7)$$

$K_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования, вычисляется

по формуле (5.8);

$K_{дем}$  – затраты на демонтаж старого оборудования, рассчитывается

по формуле (5.9);

$K_{площ}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование,

рассчитывается по формуле (5.10).

$$K_{монт} = \Sigma C_{об} \cdot k_{монт}, \quad (5.8)$$

где:  $k_{монт}$  – коэффициент монтажа нового оборудования равен 0,2

$$K_{дем} = \Sigma C_{об} \cdot k_{дем}, \quad (5.9)$$

где:  $k_{дем}$  – коэффициент демонтажа старого оборудования равен 0,2.

$$K_{площ} = S_{площ} \cdot C_{площ} \cdot g \cdot k_з, \quad (5.10)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды равен 3

$$K_{\text{монт}} = 5000 * 0,2 = 1000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = 7700 * 0,2 = 1540 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{площ}} = 0,12 * 4500 * 3 * 0,912 = 1474,4 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{сop}} = 1000 + 1540 + 1477,4 = 4017,4 \text{ руб.}$$

### 5.3.2 Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.11)$$

Базовый вариант:  $K_{\text{уд}} = \frac{62700}{20000} = 3,14 \text{ руб.}$

Проектный:  $K_{\text{уд}} = \frac{53135,102}{20000} = 2,657 \text{ руб.}$

## 5.4 Расчет себестоимости свариваемых материалов

### 5.4.1 Затраты на материалы

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}} \quad (5.12)$$

Базовый вариант:  $ЗМ = 60,6 + 477,6 = 538,2 \text{ руб.}$

Проектный вариант:  $ЗМ = 60,6 + 430,95 = 491,5 \text{ руб.}$

### 5.4.2 Затраты на основной материал

$$ЗМ_{\text{осн}} = H_{\text{м}} * Ц_{\text{м}} * k_{\text{т.з}} - H_{\text{отх}} * Ц_{\text{отх}} \quad (5.13)$$

Таблица 5.4 - Параметры затрат на основной материал

Название	Обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
Норма расхода основного материала на одно изделие	$H_{\text{м}}$ , кг	0,205	0,2

Цена одного кг основного материала изделия	$C_m$ , руб.	264	264
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$k_{т.з}$	1,12	1,12

$H_{отх}$ ,  $C_{отх}$  равны 0, так как в процессе производства нет отходов от основного материала

Базовый вариант:  $ЗМ_{осн} = 0,205 \times 264 \times 1,12 = 60,6 \text{ руб.}$

Проектный вариант :  $ЗМ_{осн} = 0,2 \times 264 \times 1,12 = 60,6 \text{ руб.}$

### 5.4.3 Затраты на вспомогательные (сварочные) материалы

$$ЗМ_{всп} = ЗМ_{св.пров} + З_{з.г}, \quad (5.14)$$

где расходы на присадочную проволоку, руб., рассчитывается по формуле (5.15);

расходы на защитный газ,  $З_{з.г}$ , руб., рассчитываются по формуле (5.19)

Базовый вариант:  $ЗМ_{всп} = 477,6 \text{ руб.}$

Проектный вариант:  $ЗМ_{всп} = 430,95 \text{ руб.}$

$$ЗМ_{св.пров} = H_{эл.(пр)} \cdot C_{эл.(пр)}, \quad (5.15)$$

где:  $H_{эл.(пр)}$  – норма расхода присадочной проволоки, кг, вычисляется по формуле (5.17);  $C_{эл.(пр)}$  – цена присадочной проволоки, руб. за 1 кг.

$$H_{эл.(пр)} = U \cdot L_{ш(с)}, \quad (5.16)$$

где  $U$  – удельная норма расхода сварочных материалов по длине шва (кг/м), вычисляется по формуле (5.17);

$L_{ш(с)}$  – длина сварного шва (наплавляемого валика) на изделии, м.

$$U = k_p \cdot M_{напл.мет}, \quad (5.17)$$

где  $k_p$  – коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродного металла при сварке и наплавке,  $k_p = 1.1$ ;

$M_{напл.мет}$  – расчетная масса наплавленного металла, кг/м, рассчитывается по формуле (5.18).

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3}, \quad (5.18)$$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> (для АМГЗ равна 2,67 г/см<sup>3</sup>);

$F_H$  – площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>, ( $F_H = 8$  мм<sup>2</sup>)

$$Z_{3.2} = H_{3.2} \cdot C_{3.2}, \quad (5.19)$$

где  $H_{3.2}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного шва, л/мин, вычисляется по формуле (5.19);  $C_{3.2}$  – цена защитного газа, руб./литр.

$$H_{3.2} = Y_{3.2} \cdot L_{ш(в)}, \quad (5.20)$$

где  $Y_{3.2}$  – удельная норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва;

$$Y_{3.2} = q_{3.2} \cdot t_{01}, \quad (5.21)$$

где  $q_{3.2}$  – норма расхода защитного газа при сварке, 20 л/мин.;

$t_{01}$  – основное (машинное) время сварки 1 погонного метра шва, (мин).

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш(в)}}, \quad (5.22)$$

где  $t_0$  – основное время сварки

Базовый вариант:

$$M_{напл.мет} = 2,67 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,021$$

$$Y = 1,1 \cdot 0,021 = 0,023$$

$$H_{эл.(пр)} = 0,023 \cdot 0,52 = 0,012 \text{ кг.}$$

$$3M_{св.пров} = 0,012 \cdot 300 = 3,6 \text{ руб.}$$

$$t_{01} = \frac{5}{0,52} = 9,6 \text{ мин.}$$

$$Y_{3,2} = 5 \cdot 9,6 = 48$$

$$H_{3,2} = 48 \cdot 0,52 = 24,96 \text{ л.}$$

$$З_{3,2} = 24,96 \cdot 19 = 474 \text{ руб.}$$

$$3M_{всп} = 474 + 3,6 = 477,6 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$M_{напл.мет} = 2,67 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,021$$

$$Y = 1,1 \cdot 0,021 = 0,023$$

$$H_{эл.(пр)} = 0,023 \cdot 0,5 = 0,0115 \text{ кг.}$$

$$3M_{св.пров} = 0,0115 \cdot 300 = 3,45 \text{ руб.}$$

$$t_{01} = \frac{4,5}{0,5} = 9 \text{ мин.}$$

$$Y_{3,2} = 5 \cdot 9 = 45$$

$$H_{3,2} = 45 \cdot 0,5 = 22,5 \text{ л.}$$

$$З_{3,2} = 22,5 \cdot 19 = 427,5 \text{ руб.}$$

$$3M_{всп} = 427,5 + 3,45 = 430,95 \text{ руб.}$$

5.4.4 Затраты на покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, необходимые для изготовления изделия

$$З_{к.из} = n_{к.из} \cdot Ц_{к.из}, \quad (5.23)$$

где количество покупных комплектующих изделий, необходимых для изготовления сварной конструкции,  $n_{к.из}$  шт.;

$Ц_{к.из}$  – цена одного покупного комплектующего изделия, руб.;

$$З_{к.из} = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ руб.}$$

#### 5.4.5 Затраты на технологическую энергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э}, \quad (5.24)$$

где  $P_{об} = I_{св} \times U_{д}$  – полезная мощность оборудования кВт;

$t_0$  – основное (машинное) время работы сварочного оборудования, мин;

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;  $U_{д}$  – напряжение на дуге, В.

Базовый вариант:

- сварочная установка УДГ – 301-У2

- горелка АРГ-150

$$Z_{э-э} = \frac{2,4 \cdot 5}{0,59 \cdot 60} \cdot 2,2 = 0,75 \text{ руб.}$$

$$P_{об} = 2,4 \text{ кВт}$$

$$t_0 = 5 \text{ мин.}$$

$$\eta = 0,59\%; I_{св} = 120 \text{ А}; U_{д} = 20 \text{ В}$$

Проектный вариант:

- сварочная установка УДГ-301-У2

- горелка АРГ-150

- реостат заварки кратера

$$Z_{э-э} = \frac{2,4 \cdot 4,5}{0,59 \cdot 60} \cdot 2,2 = 0,67 \text{ руб.}$$

$$P_{об} = 2,4 \text{ кВт}$$

$$t_0 = 4,5 \text{ мин}$$

$$\eta = 0,59\%; I_{св} = 120 \text{ А}; U_{д} = 20 \text{ В}$$

#### 5.4.6 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{сж.возд}, \quad (5.25)$$

где амортизационные отчисления на оборудование,  $A_{об}$ , руб., рассчитываются по формуле (5.26);

затраты на текущий ремонт оборудования,  $P_{т.р}$ , руб., определяется по формуле (5.26);

затраты на техническую воду,  $Z_{в.тех}$ ; затраты на сжатый воздух  $Z_{сж.возд}$ .

Базовый вариант:  $Z_{об} = 11,72$  руб.

Проектный вариант:  $Z_{об} = 11,46$  руб.

$$A_{об.} = \frac{C_{об} \cdot Na_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100}, \quad (5.26)$$

где: цена всего используемого оборудования,  $C_{об}$ , руб.;

норма амортизационных отчислений на всё используемое оборудование,  $Na_{об}$ , %

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100}, \quad (5.27)$$

где  $H_{т.р}$  норма отчислений на текущий ремонт оборудования,

$H_{т.р}$  примерно равна 35%

Базовый вариант:

$$P_{т.р} = \frac{75900 \cdot 3 \cdot 0,76}{1700 \cdot 100} = 11,72 \text{ руб.}$$

$$A_{об.} = \frac{75900 \cdot 18 \cdot 15,5}{1700 \cdot 60 \cdot 100} = 2,08 \text{ руб.}$$

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} = 2,08 + 11,72 = 2,08 + 11,72 \text{ руб.}$$

$Z_{в.тех}$ ,  $Z_{сж.возд}$  равны нулю, т.к. не применяются во время сварки.

Проектный вариант:

$$P_{т.р} = \frac{80900 \cdot 35 \cdot 0,912}{1700 \cdot 100} = 15,19 \text{ руб.}$$



$$A_{об.} = \frac{80900 \cdot 18 \cdot 9,3}{1700 \cdot 60 \cdot 100} = 1,33 \text{ руб.}$$

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} = 15,19 + 1,33 = 16,52 \text{ руб.}$$

$З_{в.тех}$ ,  $З_{сж.возд}$  равны нулю, т.к. не применяются во время сварки

5.4.7 Затраты на содержание и использование приспособлений и рабочего инструмента

$$З_{инстр} = \frac{Ц_{инстр} \cdot На_{инстр} \cdot t_{шт}}{T_{инстр} \cdot \Phi_{эф} \cdot 100}, \quad (5.28)$$

где:  $Ц_{инстр}$  – цена используемого инструмента, руб.;

$На_{инстр}$  – норма амортизационных отчислений на рабочий инструмент

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

Базовый вариант:

$$З_{инстр} = \frac{7700 \cdot 15 \cdot 4,68}{5 \cdot 1700 \cdot 100} = 0,64 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$З_{инстр} = 0$ , т.к. не используется оборудование для механической обработки

5.4.8 Затраты на содержание и использование занимаемой под оборудование производственной площади

$$З_{площ} = \frac{Ц_{площ} \cdot S_{площ} \cdot На_{площ} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot 60}, \quad (5.29)$$

где:  $Ц_{площ}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственной площади, руб.;

$На_{площ}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{площ}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м<sup>2</sup>;

Базовый вариант:

$$З_{площ} = \frac{4500 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 15,5}{1700 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$Z_{плоч} = \frac{4500 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 9,2}{1700 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

5.4.9 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (5.30)$$

Базовый вариант:  $\Phi ЗП = 50,95 + 1,25 = 52,2 \text{ руб / ч}$

Проектный вариант:  $\Phi ЗП = 35,27 + 0,74 = 36,01 \text{ руб / ч}$

5.4.10 Основная заработная плата основных производственных рабочих

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} \cdot t_{шт} \cdot k_{зпл}, \quad (5.31)$$

где:  $C_{ч}$  – часовая тарифная ставка, руб./час;

$k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату, вычисляется по формуле (5.32)

$$k_{зпл} = k_{нр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н}, \quad (5.32)$$

где  $k_{нр} = 1,25$  – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_{у} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{нф} = 1,067$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{н} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены

Базовый вариант:

$$k_{зпл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,133 = 1,828$$

$$ЗПЛ_{осн} = 122,47 \cdot 0,26 \cdot 1,6 = 50,95 \text{ руб / ч}$$

Проектный вариант:

$$k_{зпл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,133 = 1,828$$

$$ЗПЛ_{осн} = 122,47 \cdot 0,18 \cdot 1,6 = 35,27 \text{ руб / ч}$$

#### 5.4.11 Дополнительная заработная плата

$$ЗПЛ_{дон} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн}, \quad (5.33)$$

где коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой,  $k_{\partial}$ , %

$$\text{Базовый вариант: } ЗПЛ_{дон} = \frac{8}{100} \cdot 15,6 = 1,25 \text{ руб/ч}$$

$$\text{Проектный вариант: } ЗПЛ_{дон} = \frac{8}{100} \cdot 9,2 = 0,74 \text{ руб/ч}$$

#### 5.4.12 Отчисления на социальное страхование

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot \PhiЗП}{100}, \quad (5.34)$$

где норма отчислений на социальное страхование,  $H_{соц}$  равна 30%.

$$\text{Базовый вариант: } O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 52,2}{100} = 15,66 \text{ руб/ч}$$

$$\text{Проектный вариант: } O_{с.н.} = \frac{30 \cdot 36,01}{100} = 10,8 \text{ руб/ч}$$

#### 5.4.13 Технологическая себестоимость изготавливаемого изделия

$$C_{тех} = 3М + 3_{к.из} + 3_{п.ф} + 3_{э-э} + 3_{об} + 3_{присп} + 3_{площ} + \PhiЗП + O_{с.н} \quad (5.35)$$

Базовый вариант:

$$C_{тех} = 538,2 + 0,5 + 0 + 0,75 + 11,72 + 0,64 + 0,02 + 52,2 + 15,66 = 619,68 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$C_{тех} = 491,5 + 0 + 0 + 0,67 + 16,52 + 0 + 0,01 + 36,01 + 10,8 = 555,5 \text{ руб.}$$

#### 5.4.14 Цеховая себестоимость изготавливаемого изделия

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех}, \quad (5.36)$$

где цеховые расходы,  $P_{цех}$ , руб., рассчитываются по формуле (5.37)

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot ЗПЛ_{осн}, \quad (5.37)$$

где коэффициент цеховых расходов,  $k_{цех}$  равен 2,5

Базовый вариант:

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 50,95 = 127,38 \text{ руб.}$$

$$C_{цех} = 619,68 + 127,38 = 747 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$P_{цех} = 2,5 \cdot 35,27 = 88,18 \text{ руб.}$$

$$C_{цех} = 555,5 + 88,18 = 643,68 \text{ руб.}$$

#### 5.4.15 Заводская себестоимость изготавливаемого изделия

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав}, \quad (5.38)$$

где заводские (общехозяйственные) расходы,  $P_{зав}$ , руб., вычисляется по формуле (5.39)

$$P_{зав} = k_{зав} * ЗПЛ_{осн}, \quad (5.39)$$

где коэффициент заводских (общехозяйственных) расходов,  $k_{зав}$  равен 1,8

Базовый вариант:

$$P_{зав} = 1,8 * 50,95 = 91,71 \text{ руб.}$$

$$C_{зав} = 747 + 91,71 = 838,71 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$P_{зав} = 1,8 * 35,27 = 63,49 \text{ руб.}$$

$$C_{зав} = 643,68 + 63,49 = 707,17 \text{ руб.}$$

#### 5.4.16 Полная себестоимость изготавливаемого изделия

$$C_{полн} = C_{зав} + P_{вн}, \quad (5.40)$$

где внепроизводственные расходы,  $P_{вн}$ , руб., рассчитываются по формуле (5.41)

$$P_{вн} = k_{вн} \cdot C_{зав}, \quad (5.41)$$

где коэффициент внепроизводственных расходов,  $k_{вн}$  равен 0,05

Базовый вариант:

$$P_{вн} = 0,05 \cdot 838,71 = 41,94 \text{ руб.}$$

$$C_{полн} = 838,71 + 41,94 = 880,65 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$P_{вн} = 0,05 \cdot 707,17 = 35,36 \text{ руб.}$$

$$C_{полн} = 707,17 + 35,36 = 742,53 \text{ руб.}$$

Таблица 5.5 - Калькуляция себестоимости изделия в рублях

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Материалы основные	60,6	60,6
Материалы вспомогательные	477,6	430,95
Покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты	0,5	-
Электроэнергия	0,75	0,67
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	11,72	16,52
Затраты на содержание приспособлений и инструмента	0,64	-
Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	0,009	0,005
Основная заработная плата	50,95	35,27
Дополнительная заработная плата	1,25	0,74
Отчисления на социальное страхование	15,66	10,8
Технологическая себестоимость	619,68	555,45

Цеховая себестоимость	747	643,68
Заводская себестоимость	838,71	707,17
Внепроизводственные расходы	41,94	35,36
Полная себестоимость	880,65	742,53

5.5 Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = \left( C_{полн.}^{баз} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.42)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = (880,65 - 737,23) \cdot 20000 = 2868400 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_2 = \left[ \left( C_{полн}^{баз} + E_n \cdot K_{уд}^{баз} \right) - \left( C_{полн}^{проект} + E_n \cdot K_{уд}^{проект} \right) \right] \cdot N_{пр}, \quad (5.43)$$

где  $C_{полн}^{баз}$  и  $C_{полн}^{проект}$  – полная себестоимость продукции, руб.

$E_n$  – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности ( $E_n = 0,33$ ).

$$\mathcal{E}_2 = [(880,65 + 0,33 \cdot 3,14) - (737,23 + 0,33 \cdot 2,657)] \cdot 20000 = 2871200 \text{ руб.}$$

## 5.6 Расчет повышения производительности труда

### 5.6.1 Снижение трудоёмкости изготовления изделия

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{шт}^{баз} - t_{шт}^{проектн}}{t_{шт}^{баз}} \cdot 100\% \quad (5.44)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{15,5 - 9,3}{15,5} \cdot 100\% = 40,6\%$$

Снижение трудоёмкости происходит за счет исключения операции механической обработки изделия после сварки, точнее удаление технологических планок.

### 5.6.2 Повышение производительности труда

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 * \Delta t_{um}}{100 - \Delta t_{um}} (\%) \quad (5.45)$$

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 * 40,6}{100 - 40,6} = 68,3\%$$

Вывод: в проектной работе были рассмотрены способы сварки трубы продольным швом с использованием выводной планки, и с использованием метода заварки кратера. Было получено, что при заварке кратера тратиться меньше времени на создание сварного соединения, а так же уменьшается капиталовложение за счет избавления от режущих инструментов. Технология заварки кратера позволяет получить качественное сварное соединения за меньшие сроки по сравнению с базовым методом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы проведен анализ способов заварки кратера с использованием отечественного оборудования.

Установлено, что с помощью источников питания переменного тока, обладающих высокой кратностью регулирования тока ( $K_{рег} \geq 10$ ) удается уменьшить размеры кратера. Однако, номенклатура данных источников питания мала (УДГ – 301, ИПК - 120), поэтому предлагается провести доработку таких источников питания, как ИПК – 250, УДГ – 501, за счет специальной схемы заварки кратера, которая может быть встроена в схему серийных источников питания с переменным током.

Уменьшение размеров кратера возможно за счет расширения диапазона регулирования скорости привода. Доработка схемы электропривода возможно на двигателях постоянного тока, таких как В – 12ТФ и т.д.

Выбор способа уменьшения размеров кратера определяется исходя из конкретного изделия. Но проведенный анализ способов заварки кратера показал, что более технологичным и универсальным для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом алюминиевых сплавов является плавное уменьшение сварочного тока, и увеличение скорости сварки в конце шва.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алюминий. Свойства и физическое металловедение: справочник [Текст] / под ред. Дж.Е. Хэтча и Н.Н. Фридляндера. – М. : Металлургия, 1989. – 328 с.
2. Алюминиевые сплавы (свойства, обработка, применение) [Текст] : справочник. – Пер. с нем. – М. : Металлургия, 1979. - 679
3. Применение алюминиевых сплавов [Текст] : справочник. – М. : Металлургия, 1973. – 280 с.
4. Белов А.С. Земные нужды крылатого металла [Текст] / А.С. Белов. – М. : Известия, 1982. – 144 с.
5. Крацер М.Г. Дефекты сварных соединений из алюминиевых сплавов, причины их возникновения и влияния на статическую прочность [Текст] / М.Г. Крацер // Технология судостроения, 1964. - №3. – С. 23-24
6. Рабкин Д.М. Дуговая сварка алюминия и его сплавов [Текст] / Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатъев, И.В. Довбищенко. – М. : Машиностроение, 1982. – 93 с.
7. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов [Текст] / С.М. Гуревич.; Отв. ред. Замков В.Н. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1990. – 512 с.
8. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов [Текст] / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М. : Изд-во МИСИС, 1999. – 413 с.
9. Бродский А.Я. Опыт применения в Чехословакии аргоно-дуговой сварки при изготовлении алюминиевых конструкций [Текст] / А.Я. Бродский // Автоматическая сварка, 1961. - №12. – С. 81-85.
10. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка изделий из сплавов магния и алюминия трехфазной дугой [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / В.В. Ельцов. – Тольятти : ТГУ, 2002. – 322 с.
11. Худякова О.Ю. Математическая модель распространения тепла при точечной плазменной сварке алюминиевых пластин [Текст] : дисс. ... канд. техн. наук / О.Ю. Худякова. – Тольятти, 1999. – 154 с.

12. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов [Текст] : монография / Г.М. Короткова. – Тольятти : ТГУ, 2009. – 335 с.
13. Короткова Г.М. Исследование энергетических характеристик дуги, источника питания и разработка принципов конструирования электрооборудования для сварки импульсной дугой неплавящимся электродом [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Г.М. Короткова. – М., 1996. – 225 с.
14. Короткова Г.М. Динамические характеристики дуги переменного тока [Текст] / Г.М. Короткова, Ю.В. Клышевич. – Тольятти : ТолПИ, 1982. – 14 с.
15. Ельцов В.В., Дитенков О.А., Зеленков А.С., Харитонов П.С.- Исследование термических циклов и формы поверхности кратера на стадии окончания сварки [Текст] / Сварочное производство, 2010. - №9. – С. 3-9.
16. Потапьевский А.Г. Сварка в защитном газе плавящимся электродом [Текст] / А.Г. Потапьев. - М.: Машиностроение, 1974. – 234 с.
17. Киселев С.Н. и др. Газоэлектрическая сварка алюминиевых сплавов [Текст] / С.Н. Киселев. - М.: Машиностроение, 1972. – 176 с.
18. Рабинович И.Я. Оборудование для дуговой электрической сварки. Источники питания дуги [Текст] / И.Я. Рабинович. – М. : Машгиз, 1958. – 376 с.
19. Столпер Е.А. Исследование технологических процессов сварки алюминиевых сплавов и сталей с применением импульсов тока различных характеристик [Текст] / Е.А. Столпер, Г.А. Славин, Г.М. Короткова // НТО НИАТ. № гос. рег. 7.025.3200.208. – Ржев, 1996. – 70 с.
20. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] : лаб. практикум / В.П. Сидоров [и др.]. ; под ред. В.П. Сидорова и К.В. Моторина. – 2-е изд. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 364 с.
21. Короткова Г.М., Моторин К.В. Элементы систем управления машиностроительным оборудованием [Текст] : учеб. пособие. / Г.М. Короткова, К.В. Моторин. – Тольятти : ТГУ, 2004. – 121 с.

22. ГОСТ 21631-76. Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. [Текст]. – Введ. 1976 – 03 – 12. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 30 с.
23. Кривов Г.А Сварка в самолетостроении [Текст] / Г.А. Кривов, В.Р. Рябов, А.Я. Ищенко и др. // Под ред. Б. Е. Патона. - Киев : МИИВЦ, 1998. - 695 с.
24. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. [Текст]. – Введ. 1977 – 07 – 28. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 39 с.
25. ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014. Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. [Текст]. – Введ. 2016 – 01 – 01. – М. : Стандартиформ, 2015. – 16 с.
26. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст] : учеб. – методич. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина Тольятти : изд-во ТГУ, 2016. – 51 с.
27. Краснопевцева И.В. Экономическая часть дипломного проекта [Текст] : учеб. – метод. пособие/ И.В. Краснопевцева Тольятти: ТГУ, 2008. – 40 с.
28. Busz – Peukert, G. and Finkelnburg W. Theormische Lichtbogen hoher Temperatur und nidriger Brunnspannung [Текст] // Z.f. Physik. – 1954. – Bd. 138. – С. 212.
29. Mayr, O. Beitrag zur Theorie der statischen und dynamischen Lichtbogen [Текст] / O. Mayr // AfE. 1943. – Bd. 37. – P. 588
30. Dorn, Lutz, Rippl Peter. Power Source influence in arc Welding – dynamic behavior in manual arc welding with alternating crrent. [Текст] // Schweiss und Schneid, 1986. 38. - № 10. – E 176 – E 177, 514 – 517 (англ., нем.).
31. The pulse arc Welding of aluminium. «Notched Ingot» [ Текст], 1967, N 92.

32. Wroti K.S. Shielding gas mixtures for mig. «Welding aluminium alloys»  
[Текст]. Dayton, 1965