

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 полностью)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(наименование направленности, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Влияние формы переменного тока на характер тепловой мощности дуги при сварке алюминиевых сплавов»

Студент(ка)

Лавров И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Короткова Г.М.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Дерябин И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г.

(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

Целью данной работы является изучение влияния формы переменного тока на тепловой мощности дуги при сварке алюминиевых сплавов.

В первой главе мы рассмотрим тип сплава АМг-6, его физические и химические свойства, а также выбор метода сварки, форму тока, мы сравниваем различные источники питания для сварки АМг-6 в защитной аргоновой среде.

Во второй главе мы разрабатываем методы регистрации электрических параметров $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$, используя осциллограф, а также разрабатываем технику регистрации температуры, изучая скорость почернения оптической пленки.

В третьей главе мы разработали технологический процесс однофазной сварки со свободной дугой W-Al в аргоновой защитной среде. Мы определяем нормы управления входящими частями, процесс маркировки и резки материала, а также готовим технологический процесс.

В четвертой главе мы изучаем полученные данные о скоростной съемке, степень ее почернения при разных токах $I_d = 112A, 200A, 300A$ в защищенной среде Ar. Мы также провели металлографические исследования структуры шва и зоны термического влияния.

Подводя итог, хотелось бы подчеркнуть, что этот метод сварки однофазной свободной дуги W-Al в защитном газе прямоугольной формы тока практически обеспечивает эффект сварки сжатой дугой. Изменение формы тока на прямоугольную форму влияет на структуру в зонах слияния, что оно образует меньшее зерно, влияет на прочность АМг-6, и оно становится более долговечным.

ABSTRACT

The purpose of this thesis work is to study the influence of the alternating current form on the thermal power character of the arc while aluminum alloys welding.

In the first chapter, we consider the type of AMg-6 alloy, its physical and chemical properties, and also select the welding method, the shape of the current, we compare various power sources for welding AMg-6 in the protective argon medium.

In the second chapter, we develop methods for recording the electrical parameters $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$, using an oscillograph, and also develop a temperature recording technique by studying the blackening speed of an optical film.

In the third chapter, we develop a technological process for single-phase welding with a free W-Al arc in an argon protective medium. We determine the norms for controlling the incoming parts, the process of marking and cutting the material, and prepare the technological process.

In the fourth chapter, we study the obtained data of high-speed filming, its degree of blackening at different currents $I_{\text{д}} = 112\text{A}, 200\text{A}, 300\text{A}$ in a protected Armedium. We also carried out metallographic studies of the seam structure and of the thermal influence zone.

Summing up, we would like to emphasize that this method of welding a single-phase free W-Al arc in a protective gas of rectangular current form practically achieves the effect of welding with a compressed arc. Changing the shape of the current to a rectangular shape affects the structure in the fusion zones so that it forms a smaller grain, affects the strength of AMg-6, and it becomes more durable.

Содержание

Введение.....	10
1. РОЛЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	12
1.1 Свойства алюминиево-магниевых сплавов.....	13
1.2 Анализ способов сварки алюминиевых сплав	16
1.2.1 Однофазная сварка свободной дугой.....	16
1.2.2 Сварка однофазной сжатой дугой.....	17
1.2.3 Сварка трехфазной свободной дугой.....	18
1.2.4 Трехфазная сварка сжатой дугой	20
1.3 Обзор источников питания переменного тока для сварки Al-Mg	21
сплавов	21
1.3.1 Источники питания синусоидальной формы тока	21
1.3.2 Источники питания прямоугольной формы тока	26
2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	31
2.1 Разработка методики регистрации электрических параметров $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$	31
2.2 Регистрация мощности дуги переменного тока синусоидальным и несинусоидальной формой.....	35
2.3 Разработка методики регистрации температуры.....	37
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС.....	41
3.1 Контроль поступивших деталей.....	41
3.2 Разметка и резка	41
3.3 Очистка поверхности детали от оксидной пленки и подготовка оборудования перед сваркой	42
3.4 Сборка и сварка.....	43
3.5 Контроль качества сварного соединения	44
4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	46

4.1 Исследование теплового состояния дуги переменного тока синусоидальной формы	46
4.2 Исследование теплового состояния переменного тока прямоугольной формы	52
4.3 Металлографические исследования	55
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА.	59
5.1 Конструктивное- технологические характеристики объекта	59
5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	59
5.3 Обеспечение пожарной и технологической безопасности технологии объекта	60
5.3.1 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности	62
5.3.2 Организационные материалы по предотвращению пожара	62
5.4 Обеспечение экологической безопасности	63
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	65
6.1 Расчет нормы штучного времени на выполняемые	68
технологические операции рассчитываются по формуле:	68
6.2 Капитальные вложения в оборудование	69
6.2.1 Общие капитальные вложения в оборудование рассчитываются по формуле:	69
6.2.2 Удельные капитальные вложения в оборудование	71
6.2.3 Дополнительные капитальные вложения	72
6.3 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов	72
6.3.1 Затраты на материалы	72
6.3.2 Затраты на технологическую энергию	74
6.3.3 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и не стандартного оборудования, приспособлений, рабочего инструмента и производственных площадей	74
6.3.3.1 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и нестандартного оборудования	74
6.3.3.2 Затраты на содержание и эксплуатацию приспособлений	75

6.3.3.3 Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей.....	76
6.3.4 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.....	76
6.3.5 Технологическая себестоимость изделия.....	78
6.3.6 Цеховая себестоимость изделия.....	78
6.3.7 Заводская себестоимость изделия определяется по формуле:.....	78
6.3.8 Полная себестоимость изделия определяется по формуле:.....	79
6.3.9 Расчет экономической эффективности разрабатываемого проекта .	80
6.3.9.1 Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения... себестоимости изготовления изделия определяется по формуле:.....	80
6.3.9.2 Срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций) определяется по формуле.....	81
6.3.9.3 Коэффициент сравнительной экономической эффективности.....	81
6.4 Расчет повышения производительности труда.....	81
6.4.1 Снижение трудоёмкости изготовления изделия рассчитывается.....	81
6.4.2 Повышение производительности труда.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПРОЕКТУ.....	83
Список используемых источников.....	86

Введение

В современном производстве одной из черт является применение алюминиевых магниевых сплавов. За счет фундаментальных наук инженеры создали теоретические и практические основы производства полуфабрикатов из алюминиевых магниевых сплавов, это и привело к созданию технологических производств, на которых выпускают листы, профили, трубы различных типа толщин.

При сравнении способов сварки для конкретного сплава на первое место встает технологические свойства дуги, разными показателями: стабильность процесса, качества шва, высокая производительность сварки, эксплуатационные свойства соединения.

Технологические свойства сварочной дуги определяются особенностями дугового разряда переменного тока. Зная параметры дугового разряда на переменном токе, можно эффективно воздействовать на процесс сварки.

Качественные швы получаются при сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в среде защитной аргона. Главной проблемой, при сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в защитной среде аргона на переменном токе, является низкая стабильность дугового разряда при повторных возбуждениях дуги и смене полярности тока, это приводит к ухудшению качества шва.

Для повышения технологических свойств дуги переменного тока при сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в защитной среде аргона, поэтому не останавливаются исследования параметров горения дуги на переменном токе и источников питания и характеристик. Обширные возможности для энергетических свойств переменного тока открывает воздействие на форму тока дуги этим вызвана потребность проектирования установок переменного тока.

Вопросы развития теории и совершенствования схем источников питания для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в среде защитной аргона остается актуальным в связи с использованием конструкционных материалов на основе алюминиевых и магниевых сплавов.

Цель бакалаврской работы воздействовать на структуру сварочных соединений за счет смены формы тока.

1. РОЛЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Алюминий был открыт в 1825 году Датским физиком Хансом Эрстедом. Освоение алюминия промышленным путем начинается с 19 века после технологий получения алюминия с помощью электролиза глинозема. До этого момента, как был открыт промышленный путь создания алюминия, он было дороже золота. В России по открытию алюминия занимался химик Н.Н Бекетов. Благодаря его разработкам немцы смогли построить в Германии ведущий завод по производству алюминия. Одним из первых перерабатывающих заводов алюминия в Росси был построен в 1932 году на Волховской гидроэлектростанции. Рост электроэнергетических станций с 60 - 70годы дало большой толчок в развитии по переработки алюминия, благодаря этому Россия заняла ведущие места на глобальном рынке по добыче и переработки алюминия [1].

Производство алюминия является одной из тех немногих отраслей промышленности, которые удалось сохранить и даже опередить уровень дореформенного состояния выпуска продукции в 2006 г. Выпуск алюминия смог перейти порог дореформенного уровня более чем на 25% (рис.1.1). Производство алюминия сложный и трудоемкий технологический процесс. В чистом виде алюминий не встречается - его добывают из минералов (бокситов, нефелинов и алунитов), перед этим производят глинозем, а после этого путем электролиза создают алюминий.

Алюминиевые сплавы востребованы в промышленности, самолетостроение, кораблестроение, при строительстве зданий и линий электропередач. Также он применяется в химической промышленности, в пищевой промышленности (изготовление различных емкостей). Алюминиевые сплавы получили свое широкое применение в различных отраслях благодаря своим уникальным свойствам.

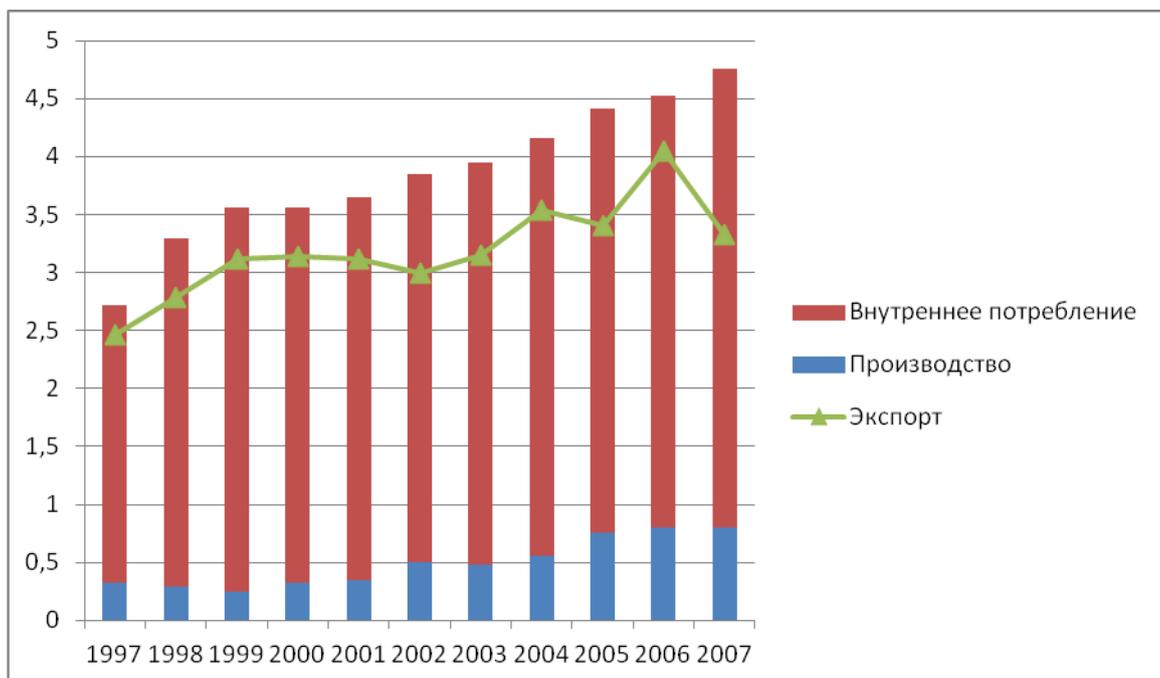


Рисунок 1.1- Динамика производства экспорта и внутреннего потребления алюминия (тыс. т. в 1997-2007гг)

1.1 Свойства алюминиево-магниевых сплавов

Большим преимуществом алюминия и его сплавов является незначительная плотность, алюминий в 3 раза легче железа.

Алюминий имеет высокую пластичностью, что допускает при прокате в достичь очень маленьких толщин. Лист из алюминия можно с помощью проката раскатать до 0,006 мм. Алюминий обладает очень внушительной свариваемостью, но сварка затрудняется его подготовкой, так как на поверхности алюминия есть оксидная пленка, которая защищает его от коррозии. Оксидная пленка после удаления ее с поверхности очень быстро восстанавливается[1,2,3].

С расчетом на повышения прочности в сплава вводят марганец, кремний, медь. Алюминий обладает одной из лучших антикоррозионных свойств и хорошей электропроводимостью, алюминий за счет всех этих

преимуществ приобрел широкое применение в различных отраслевых сферах промышленности.

Алюминиево-магниевые сплавы принадлежат к группе термически не упрочняемых сплавов с небольшой прочностью, но хорошими пластическими свойствами, высокой коррозионной стойкостью и хорошей свариваемостью

В промышленности применяют группу сплавов: АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6, АМг61 и ряд других [2,3]. Чем больше вводится магния в сплав, тем лучше его прочностные характеристики, но уменьшается пластичность. В таблице 1.1 приведен химический состав указанных сплавов системы Al-Mg.

Таблица 1.1 - Химический состав сплавов системы Al-Mg

Марка сплава	Основные легирующие компоненты, %		
	Mg	Mn	Si, Cr, Zn, Ti
АМг 1	0,5...1,8	-	-
АМг 2	1,8...2,8	0,2...0,6	-
АМг 3	3,2...3,8	0,2...0,6	0,5...0,8 Si
АМг 4	3,8...4,8	0,5...0,8	0,05...0,25 Cr 0,02...0,1 Ti
АМг 5	4,8...5,8	0,5...0,8	0,02...0,1 Ti
АМг 5П (для заклепок)	4,7...5,7	-	-
АМг 6	5,8...6,8	0,5...0,8	0,02...0,1 Ti
АМг 61	5,5...6,5	0,8...1,1	0,02...0,1 Zr

Незначительная плотность при достаточно большой прочности, удовлетворительная обрабатываемость специальным инструментом, большая коррозионная стойкость дает их большое применение в авиастроении и

судостроении, производстве химической аппаратуры, строительстве и иных промышленных отраслях. Свойства алюминиевых сплавов зависят от легирующих компонентов, входящих в их состав. Добавление различных химических элементов по-разному влияет на прочностные характеристики сплавов. Механические свойства некоторых алюминиевых сплавов представлены в (Табл 1.2).

Таблица 1.2 - Механические свойства алюминиевых сплавов

Марка сплава	Составные материалы	Полуфабрикат	Толщина, мм	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
1	2	3	4	5	6	7
АМг2	М	Лист	0,5-1,0	165	-	16
			1,0-10,5	165	-	18
	Н2		0,5-1,0	234-315	145	5
			1,0-5,0	234-315	145	6
			5,0-10,0	225	135	6
	Н		0,5-1,0	265	215	3
			1,0-10,5	265	215	4
	ГК,безт.о		Плиты	11,0-25,0	175	-
25,0-80,0		175		-	6	
АМг3	М	Лист	0,5-0,6	195	90	15
			0,6-5,5	135	100	15
			4,5-10,5	185	80	15
	Н2		0,5-1,0	245	195	7
			1,0-5,0	245	195	7
			5,5-10,5	235	175	6
	Без т.о		5,0-6,0	185	80	12
			6,0-10,5	185	80	15
АМг3	Без т.о	Плита	11,0-25,0	185	70	12
			25,0-80,0	165	60	11
АМг5	М	Лист	0,5-0,6	275	135	15
			0,6-4,5	275	145	15
			4,5-10,5	275	130	15
	Без т.о		0,5-0,6	275	130	12
			0,6-10,5	275	130	15
			Плита	11,0-25,0	265	115
25,0-80,0	255	105		12		
АМг6	М	Лист	0,5-0,6	275	135	15
			0,6-4,5	275	145	15
			4,5-10,5	275	130	15
	Без т.о		0,5-0,6	275	130	12
			0,6-10,5	275	130	15
			Плита	11,0-25,0	265	115
	25,0-80,0			265	105	12

Продолжение таблицы 1.2											
1	2	3	4	5	6	7					
АМг6	М	Лист	5,0-6,0	305	145	15					
			6,0-10,5	315	155	15					
			5,0-10,5	315	155	15					
	Без т.о	Плита	11,0-25,0	305	145	11					
			25,0-50,0	295	135	6					
			50,0-80,0	275	125	4					
АМг61	М	Лист	0,8-2,3	400	270	13					
			2,5-4,5	360	240	13					
			0,8-2,3	410	320	6					
	Н2	Н	0,8-2,3	460	410	4					
							Н	0,8-2,3	460	410	4

1.2 Анализ способов сварки алюминиевых сплав

Сварочный процесс затруднен из-за температуры плавления самого алюминия которая составляет 660°C . При соприкосновении с воздухом на поверхности алюминия появляется плотная оксидная пленка (Al_2O_3). Она защищает металл от коррозии и в тоже время ухудшает процесс сварки, так как ее температура плавления 2050°C и она очень быстро восстанавливается на поверхности металла после ее удаления. Перед сварочным процессом необходимо зачищать оксидную пленку во избежание образования дефектов.

Для сварочного процесса алюминия и его сплавов применяют эти способы сварки: ручная дуговая сварка W-Al электродом в защитной среде Ar, плазменная сварка, импульсная механизированная сварка, сварка покрытым электродом. Все эти способы имеет свои плюсы и минусы, которые следует учитывать при сварке конкретных изделий из алюминия и его сплавов.

1.2.1 Однофазная сварка свободной дугой

Сварочный процесс W-Al в среде аргона производят на переменном синусоидальном токе с частотой 50 Гц. Данный метод сварки применяют для соединения изделий из малых и средних толщин. Однофазная сварка W-Al является наиболее распространенным методом сварки (рис.1.2). Этот метод

допускает совершить сварку в различных пространственных положениях и тяжело доступных местах. При сварочном процессе W-Al шов металла становится намного плотнее и менее насыщен газом. Благодаря этому достигается большая прочность и пластичность сварного шва, которая практически соответствует прочности и пластичности основного металла [4,5,6,12].

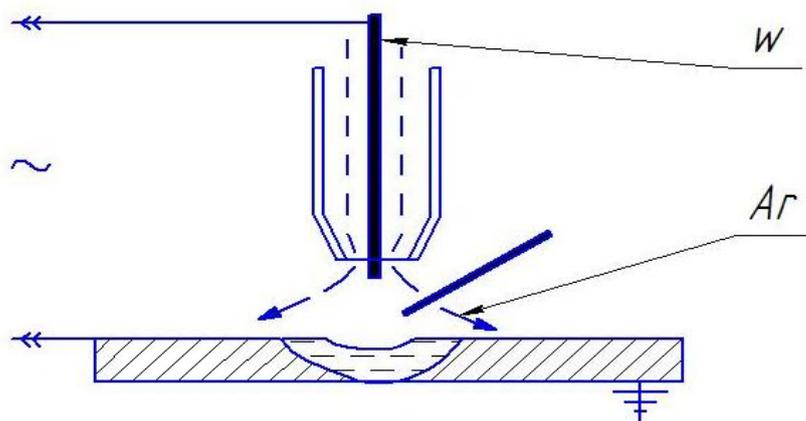


Рисунок 1.2 - Схема сварки однофазной дугой неплавящимся электродом с присадочной проволокой

1.2.2 Сварка однофазной сжатой дугой

Используя метод сжатия столба дуги, с помощью горелки (плазмотроном), увеличивается плотности столба дуги, за счет чего возрастает проплавляющая способность дуги переменного тока. Благодаря плазменной горелки можно получить температуру превышающуюся 30000⁰С. Метод сжатия дуги состоит в том, что диаметр столба дуги уменьшают с помощью плазменной горелки со специальным соплом [4,6].

Поступающий аргон внутрь горелки, сужает столб дуги, отделяет его от стенок горелки, выводит нагретый до большой температуры газа за границы плазменной горелки, данный газ именуют плазмообразующим. Для того что бы сопло не плавилось, его изготавливают из меди с большой

теплопроводностью с подачей охлаждения воды. Плазменных горелках сопло дуги горит внутри изолированной камеры, и образующаяся плазма выдувается из камеры сопла (рис.1.3).

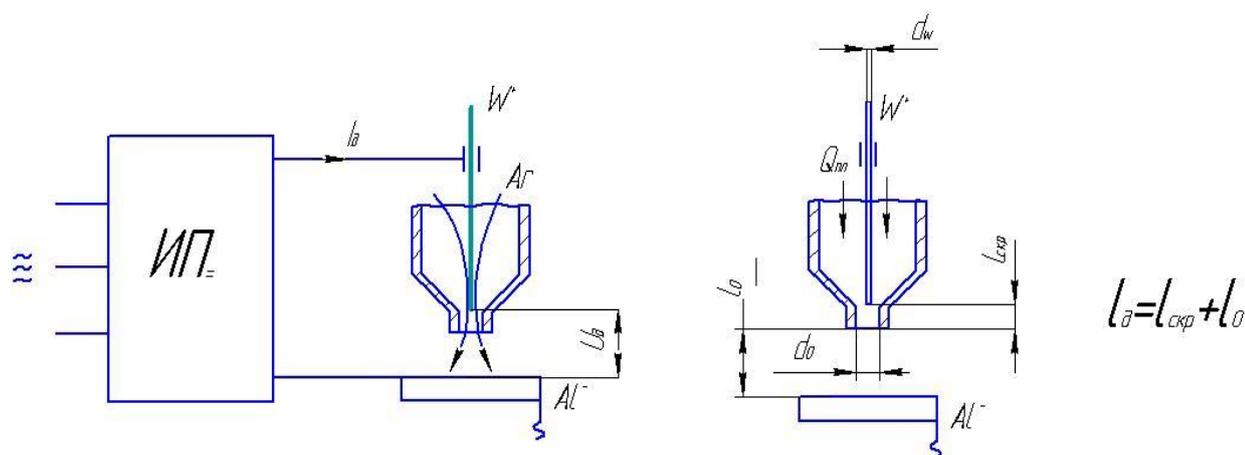


Рисунок 1.3 - Схема сварки однофазной сжатой дугой неплавящимся электродом

При горение дуги в узком охлаждаемом сопле слои газа, возникает низкая температуру, чем в центре слоев газа. Проводимость внешних слоев меньше, чем центральных, за счет чего происходит увеличение плотности тока в центре плазменной струи горелки, что так же приводит к увеличению температуры. Уровень ионизации аргона в центре сопла при большом сжатии дуги близится к единице.

1.2.3 Сварка трехфазной свободной дугой

Трехфазная дуга представляет собой факел, в котором горят три отдельные дуги переменного тока. Для образования дугового разряда при сварке используется электрическая схема, в которой две фазы сварочного трансформатора подключается к электродам, а третья к детали. Две дуги, которые горят между электродами и деталью, называются зависимыми, третья, которая образуется между электродами, независимой [1,7,8].

Метод трехфазной дуги позволяет концентрировать мощность источников тепла, сила больше в два раза превышает силу однофазовой дуги. Важным достоинством трехфазной дуги несомненно ее большая устойчивость. При проведении сварочных работ методом трехфазной дугой, одна дуга постоянно горит, в следствии на осциллограмме не наблюдается больших пиков зажигания и нулевых площадок тока. Благодаря данному способу можно увеличить производительности труда, также позволит уменьшить расход электроэнергии на 20-45% [7,9].

Сварка трехфазной дугой, позволяет намного повысить вероятность качественного формирования сварного шва за счет создания условия, обеспечивающих высокую стабильность трехфазного факела. Для данной цели, заменяют плавящихся электрод для сварки алюминиевых сплавов алюминия, используют неплавящиеся вольфрамовые электроды, которые образуют стабильную в пространстве и времени систему электрод-деталь.

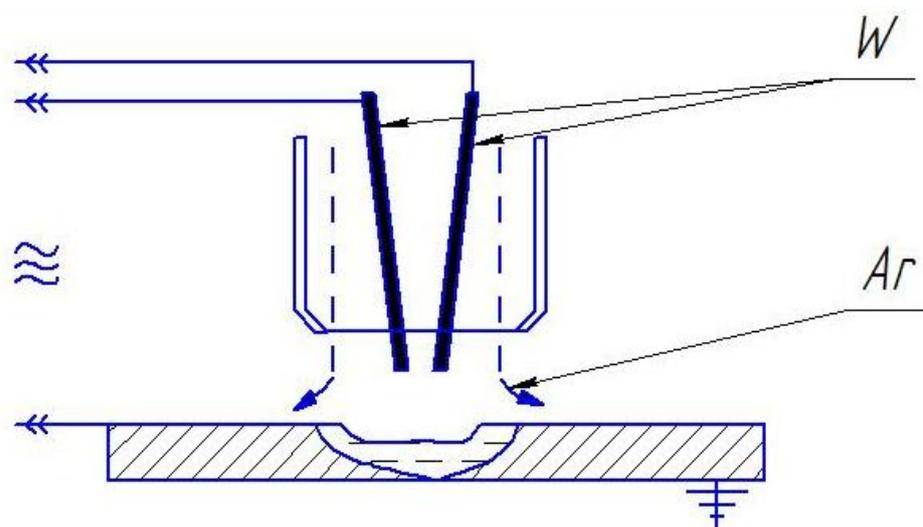


Рисунок 1.4 - Схема сварки трехфазной дугой

1.2.4 Трехфазная сварка сжатой дугой

Сжатие столба дуги в узком канале уменьшает его расширение. Благодаря плазмотрону в сопло подается аргон, который в центре дуги нагревается до высокой температуры. Струя плазмы сжатой в дуге, повышает давление на жидкий металл ванны и благодаря этому увеличивается глубина проплавления. Газ, попадая в дугу, проходит вдоль дуги и нагревается. Плотность газа уменьшается, но увеличивается его объем[10,11].

Скорость газа увеличивается во время сварки вдоль канала дуги. Нагретый в дуге газ достигает максимальной температуры уже на выходе из сопла дуги. Концентрированный нагретый газ соприкасается с поверхностью металла, нагревая его и оплавливая его поверхность. Под давлением концентрированного нагретого газа расплавленный металл образует сварочную ванну - тепло поступает в центр сварочной ванны. Благодаря сжатой дуге эффективность тепловой мощности превышает в два раза эффективность тепловой мощности свободной дуги.

Расход аргона, плотность теплового потока и диаметр канала сопла регулируются. При сварке сжатой дугой возможно контролировать форму сварочной ванны и ее размеры.

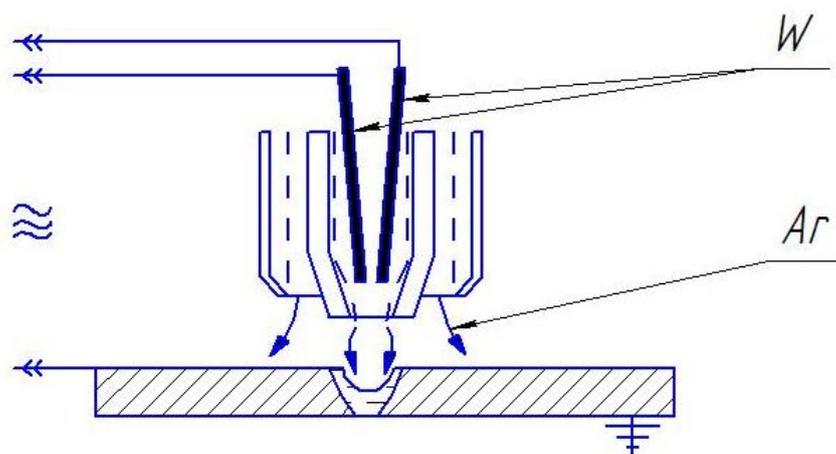


Рисунок 1.5 - Схема сварки сжатой трехфазной дугой неплавящимися электродами

Анализ способов сварки показал, что сварка неплавящимся вольфрамовым электродом на переменном токе синусоидальной формы находит наибольшее применение. Наибольшую проплавляющую способность обеспечивают способы сварки сжатой дугой. Однако плазматроны для сварки сжатой дугой в настоящее время обладают малым ресурсом работоспособности. Известно, что проплавляющую способность дуги переменного тока синусоидальной формы можно увеличить за счет изменения формы переменного тока на прямоугольную [9].

1.3 Обзор источников питания переменного тока для сварки Al-Mg сплавов

1.3.1 Источники питания синусоидальной формы тока

Для сварки на переменном токе неплавящимся электродом создана линейка источников питания для однофазной свободной дуги, охватывающая широкий диапазон тока, как в России, так и за рубежом.

В (табл 1.1) приведены технические данные источников питания переменного синусоидального тока завода «Электрик» и ОАО «Электромеханика».

Все источники питания, указанные в таблице 1.3 имеют одинаковую принципиальную схему, которая может быть представлена функциональной и показана на (рис. 1.6).

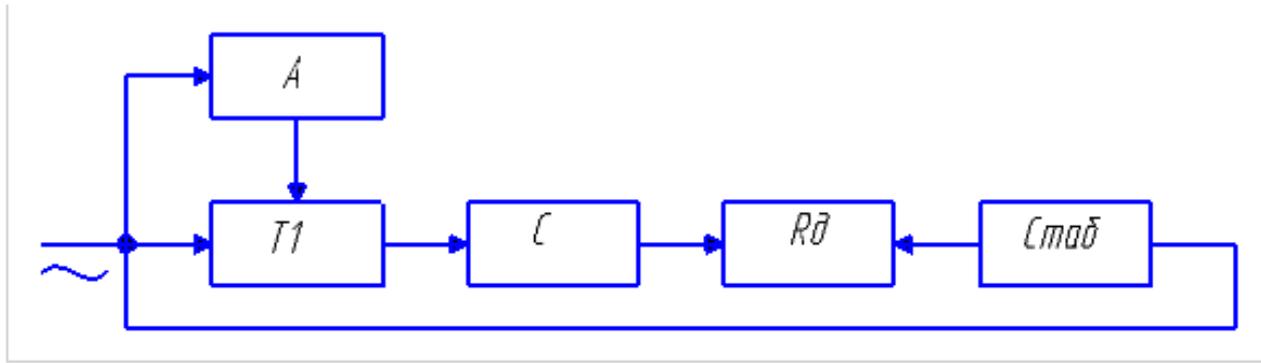


Рисунок 1.6 – Функциональная схема источников типа ИПК и УДГ

Однофазный сварочный трансформатор Т1 формирует падающую внешнюю вольтамперную характеристику $U_u=f(I_u)$ и регулирует сварочный ток в широком диапазоне плавно и дистанционно.

Для уничтожения I_0 в большинстве случаев применяется емкость С, включенная в сварочную цепь. Величина емкости выбирается из условия: 300 мФ на 1 ампер сварочного тока, что обеспечивает $I_0=0$ во всем диапазоне регулирования тока.

Стабилизация перехода тока через 0 в данных схемах обеспечивается дополнительным источником энергии – стабилизатором дуги.

Однако, источники питания данного типа имеют искаженную форму переменного синусоидального тока. На (рис.1.7) приведен характер изменения сварочного тока.

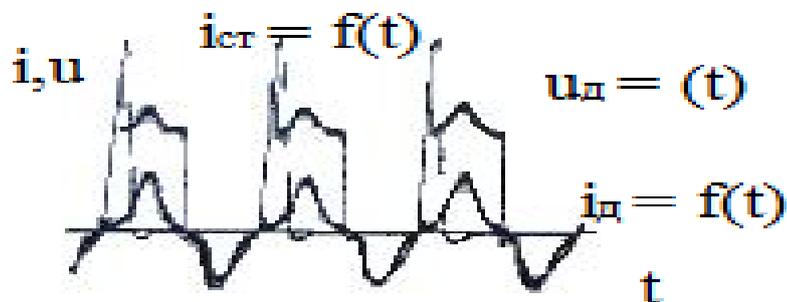


Рисунок 1.7 – Зависимость тока дуги $i_d = f(t)$, стабилизатора $i_{ст} = f(t)$ и напряжения дуги $u_d = (t)$

Искажение формы тока приводит к потере стабильности процесса сварки и снижению проплавляющей способности дуги [13,14].

В источниках питания переменного тока используются трансформаторы с магнитными шунтами, с дросселями насыщения и другие конструкции сварочных трансформаторов, обеспечивающие $\frac{\partial U_{II}}{\partial I} < 0$.

Таблица 1.3 - Технические характеристики установок для сварки алюминиевых сплавов однофазной дугой

Параметры	Тип			
	ИПК-120М	ИПК-350-4	УДГ-301	УДГ-501
Напряжение сети, В	380	380	380	380
Напряжение хх, В	62-80	55-70	55-56	55-56
Номинальный св. ток, А	100	300	300	500
ПВ, %	100	65	65	65
Предел регулирования св. тока, А	100-120	50-350	15-25 24-100 98-300	40-170 450-500
di/dt, кА / с	<50	<50	<50	<50
$K_p = I_{max} / I_{min}$	12	7	20	12?5
КПД, %	51	54	59	59
cosφ	0,5	0,5	-	-
Габариты, мм	845×1010×1070	960×600×1650	1590×860×730	1590×860×730
Вес, кг	435	520	570	620
Изготовитель	Завод «Электрик»			
Конструкция трансформатора	трансформатор с электромагнитным шунтом			

В (табл 1.4) приведены технические данные источников питания типа ИПД, которые выпускает ОАО «Электромеханика». На (рис. 1.8) приведена функциональная схема ИПД.

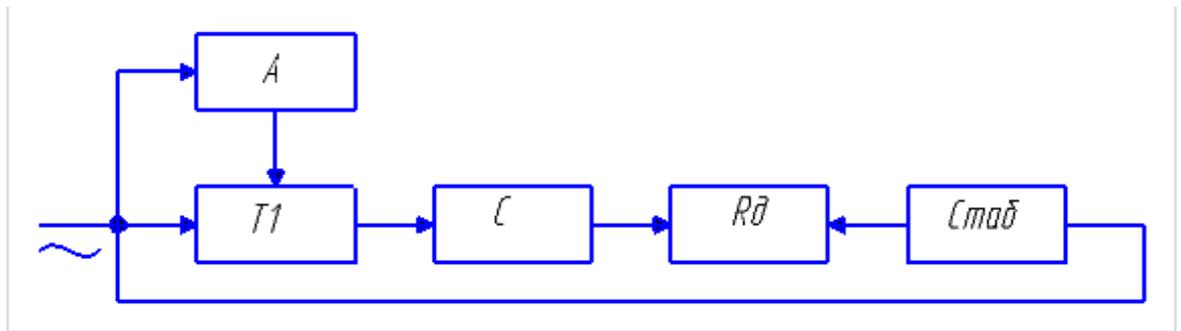


Рисунок .1.8 – Функциональная схема источников типа ИПД

Однофазный сварочный трансформатор Т1 формирует падающую внешнюю вольтамперную характеристику $U_u=f(I_u)$ и регулирует сварочный ток в диапазоне, который оценивается коэффициентом регулирования $K_{рег}=3-4$.

Для уничтожения постоянной составляющей I_0 применяется емкость С, включенная в сварочную цепь.

Стабилизация перехода тока через 0 в данных схемах обеспечивается также дополнительным источником энергии – стабилизатором дуги.

Источники питания данного типа имеют синусоидальную форму переменного тока. На (рис.1.9) приведен характер изменения тока.

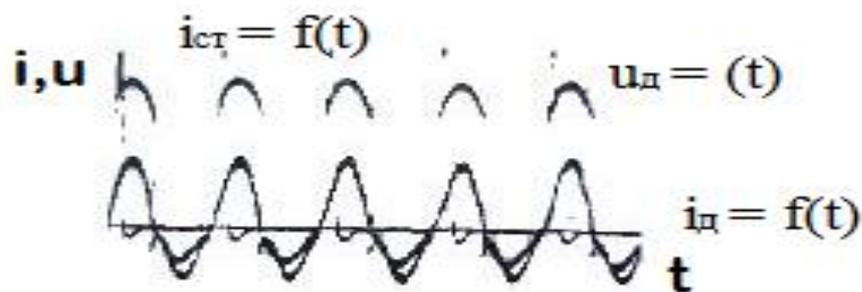


Рисунок 1.9 – Зависимость тока дуги $i_д=f(t)$, стабилизатора $i_{ст}=f(t)$ и напряжения дуги $u_д=(t)$

Однако, при сварке на переменном токе синусоидальной формы неплавящимся электродом проблемы повторных возбуждений дуги при

смене полярности тока остаются, поэтому объем работ, связанный с повышением устойчивости повторных возмущений продолжается.

В настоящее время на рынке источников питания появилась серия источников питания переменного тока прямоугольной формы, в которых изменяется и частота переменного тока.

Источники питания переменного тока типа УДГ-300, ИПК-350 предназначены для ручной и автоматической сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в защитной среде газа[9].

Таблица 1.4- Технические характеристики установок для сварки алюминиевых сплавов однофазной дугой

Параметры	Тип		
	ИПД-360	ИПД-500	ИПД-1000
Напряжение сети, В	380	380	380
Напряжение холостого хода, В	72-80	75-80	75-80
Номинальный сварочный ток, А	300	500	1000
ПВ, %	65	65	65
Предел регулирования сварочного тока, А	50-320	70-510	280-1000
di/dt , кА / с	50	50	50
$K_p = I_{max} / I_{min}$	6,4	7,2	3,6
КПД, %	69	76	80
$\cos\varphi$	0,58	0,6	0,65
Регулирование I_0 , А При I_d до 500А При I_d до 1000А	0-100	0-100	0-100 10-100
Габариты, мм	956×660×1045	1200×1100×760	1660×1100×965
Вес, кг	480	580	985
Изготовитель	РПКО «Электромеханика»		
Конструкция трансформатора	трансформатор с магнитным шунтом		

1.3.2 Источники питания прямоугольной формы тока

Источник питания СПРИ и сварочная дуга рассматривается как система с едиными энергетическими параметрами. Первичные и вторичные обмотки сварочного трансформатора источника питания СПРИ включены по схеме Δ/Δ . Это позволяет замкнуть высшие гармоники, кратные 3 внутри обмотки, ослабив их влияние на питающую сеть, это позволяет повысить стабильность повторного возбуждения дуги при сварке переменным однофазным током толщиной от 0,2 до 2,0 мм (рис 1.10) [9].

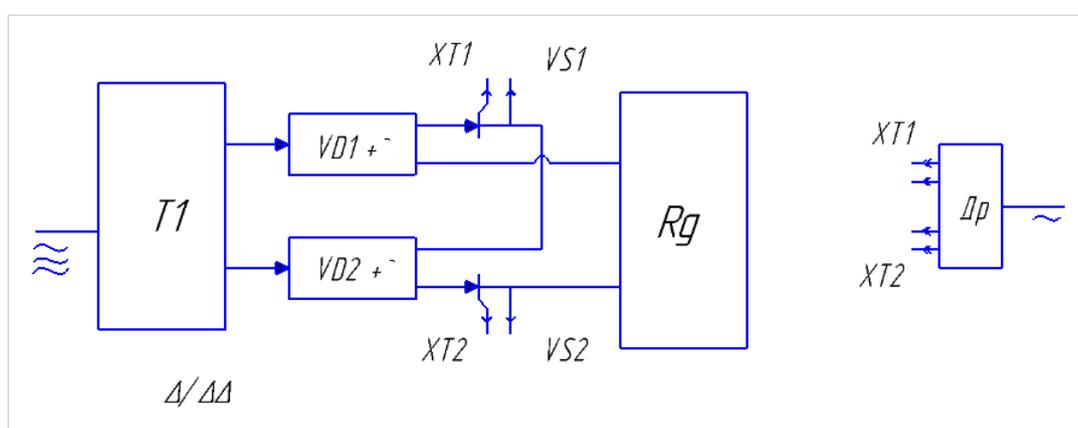


Рисунок 1.10 – Функциональная схема источников типа СПРИ

Таблица 1.5- Технические характеристики установок для сварки алюминиевых сплавов однофазным током прямоугольной формы

Параметры	Тип				
	СПРИ	ИСВУ-160	ТИР-300	И126(108)	ТСГП-200
1	2	3	4	5	6
Напряжение сети, В	380	380	380	380	380
Напряжение хх, В	50	50	50	40	40
Номинальный св. ток, А	200	160	300	400	200
ПВ, %	100	65	100	80	65
Предел регулирования св. тока, А	45-250	10-160	10-300	50-400	45-200

Продолжение таблицы 1.6					
1	2	3	4	5	6
Di/dt, кА/с	210-600	55-110	55-200	<120	<200
$K_P=I_{max}/I_{min}$	5,5	16	30	8	4,4
КПД, %	58	70	75	58	70
$t_{пр}, t_{обр}, c$	0,01-0,8	0,01	0,01	0,04-0,15	0,01
Частота, Гц	8-100	50	50	50-125	50
Габариты, мм	845x1010x 1070	530x910x 1237	1230x620x 1000	1018x600x 1435	-
Вес, кг	435	380	480	700	-
Изготовитель	РПКО	РПКО	НИКИМТ	ИЭС	ВНИЭСО
Год выпуска	1969	1980	1978	1983	1971

В настоящее время получили распространение инверторы. В (табл 1.6), приведены некоторые типы инверторов, которые используются для сварки неплавящимся электродом в среде аргона цветных металлов. Благодаря инверторам типа MasterTIGAC/DC можно обеспечить стабильность выходных параметров, так же можно с большей точностью регулировать сварочный ток (табл 1.6).

Таблица 1.6 - Инверторы для сварки

MasterTIGAC/DC		2000	2500/2500W	3500W
Сетевое напряжение	1-50/60Гц	230В±10%	-	-
	3-50/60Гц	-	230В/400В/460В±10%	400В±10%
Максимальные нагрузки	230В	16А/20А	20А	-
	400В	-	16А(460В...16А)	20А
Мосробieranа Длительный ток	TIG max.% ПВ	200А(30%) I 200А(50%)	250А(70%)	350А(60%)
	TIG 100% ПВ	150А	220А	280А
Электроды	TIG DC	3...200	3...250	3...350
	AC	10...200	10...250	10...350
	MMA	11...160	10...250	10...350
Габариты, мм	ДxШxB	540×260×510	690×260×550 I 690×260×830	690×260×870
Масса, кг		30	39 I 65	74

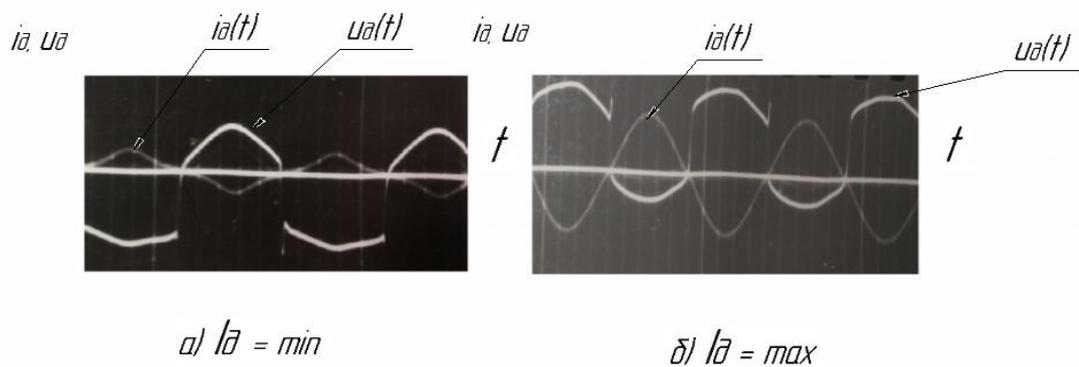


Рисунок 1.11- Зависимости $i_d = f(t)$ для источников питания типа ИПД для минимального и максимального тока

Таким образом, анализ источников питания и установок для сварки на переменном токе неплавящимся электродом алюминиевых сплавов показал, что форма переменного тока изменяется в широких пределах. Так источники питания однофазного переменного тока, могут существенно отличаться друг от друга по форме тока. На (рис. 1.11, 1.12) приведены зависимости $i_d = f(t)$ двух типов источников питания ИПК и ИПД.

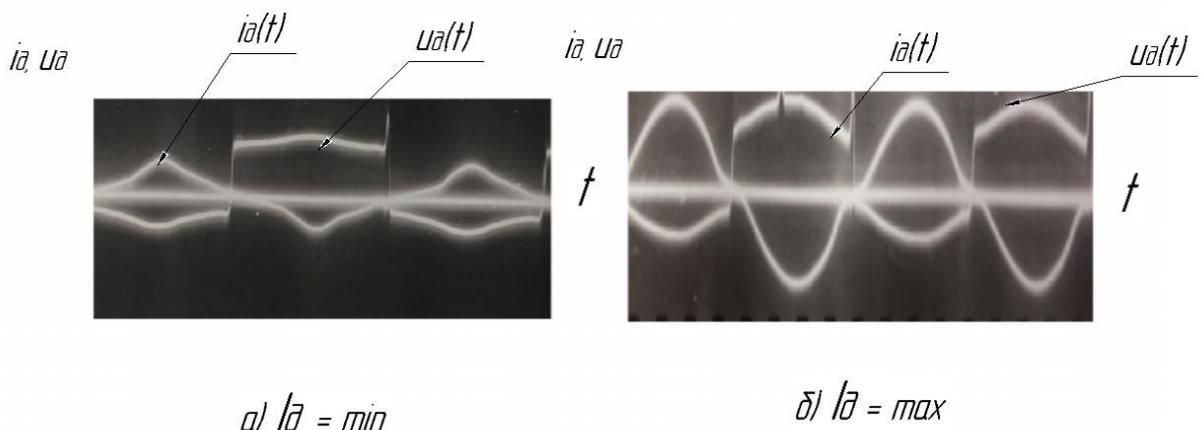


Рисунок 1.12- Зависимости $i_d = f(t)$ для источников питания типа ИПК для минимального и максимального тока

Однако, в рекомендациях оба они рекламируются как источники питания синусоидального тока.

На (рис 1.13) приведены зависимости $i_d = f(t)$ переменного тока прямоугольной формы для различных установок.

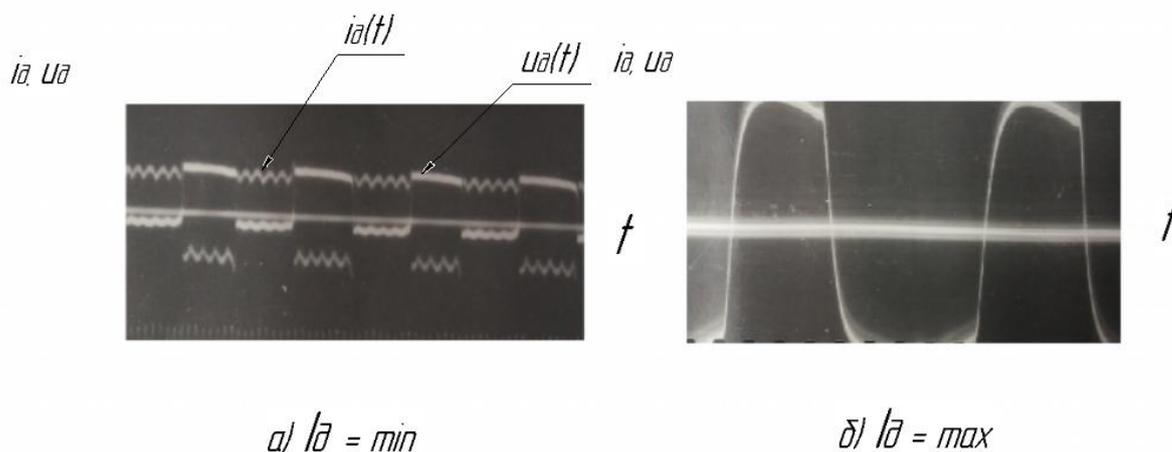


Рисунок 1.13 - Зависимости $i_d = f(t)$ для источников питания типа СПРИ (а), ТИР(б)

Известно, что режим сварки устанавливается по величине сварочного тока, который измеряется приборами электромагнитной системы. Это означает, что при одном и том же значении тока мощность дуги отличается по величине при переходе от одного источника тепла к другому. На (рис.1.14) приведен характер изменения мощности дуги переменного тока, из которых следует, что воздействие дуги при сварке от источников питания, будут различны.

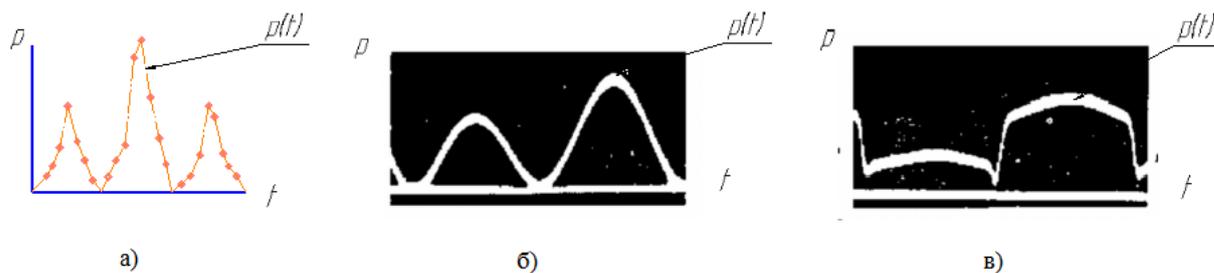


Рисунок 1.14 - Зависимости $i_d = f(t)$ для источников питания ИПК (а), ИПД (б), СПРИ(в)

В связи с этим в работе необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать методику исследования теплового состояния дуги переменного тока.
2. Спроектировать технологический процесс исследований .
3. Провести исследования теплоаого состояния дуги для переменного тока синусоидальной и прямоугольной формы тока.
4. Экономическое обоснование проекта.

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

При сварке на переменном токе важно определять не только количество тепла, но и распределение теплового потока за период изменения переменного тока, поэтому измерение мощности и значений тока имеют важное значения. Изменение мощности дуги при сварке алюминиевых сплавов на переменном токе имеет пульсирующий характер. Мощность дуги переменного тока изменяется от максимальных значений до минимальных в окрестности нуля при смене полярности [9].

Так же важно следить не только за мощностью дуги и количеством тепла, но и характером распределения теплового потока за период изменения переменного тока, необходимо вести измерение не только действующих значений тока, но и регистрации периодических функций $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$.

2.1 Разработка методики регистрации электрических параметров $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$

Исследования процессов в дуговом промежутке при смене полярности тока предполагает возможность прямого или косвенного измерения и регистрации ее электрических параметров в диапазоне тока от 10 до 1000А как в статическом, так и динамическом равновесии

Для измерения действующих равновесия значений тока и напряжения были использованы разработаны измерительные приборы электромагнитной и электродинамической системой до 50 А, более 50 А, увеличение предела измерения производится с использованием трансформаторов тока. К сожалению трансформаторы тока вносят дополнительные погрешности в измерение по трансформации u_k и угловую погрешность u_d которые могут достигать 3% [15]. Погрешности измерения u_d быстро возрастает при увеличении угла сдвига φ между токами и напряжением. Погрешности

измерения u_k зависит от величины сопротивления, на котором замкнута вторичная обмотка трансформатора тока.

Значения синусоидального тока в сварочной дуге определяется по

$$\text{формуле } I_{\text{н}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t dt}, \text{ где } I_{\text{н}} = \frac{I_{\text{г}}}{\sqrt{2}}, \quad (2.1)$$

В общем виде формулы для $I_{\text{д}}$ и $U_{\text{д}}$ имеет вид

$$I_{\text{н}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}, \quad (2.2)$$

$$U_{\text{н}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}, \quad (2.3)$$

С помощью тока и напряжения можно определить мощность дуги $P_{\text{д}} = U_{\text{д}} \times I_{\text{д}}$. Если мощность за период рассматривать как интеграл произведения мгновенных значений $i(t)$, $u(t)$, P можно выразить в формуле [9,16].

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i_{\text{н}} u_{\text{н}} dt, \quad (2.4)$$

Исследование процесса в дуговом промежутке при смене полярности тока предполагает определение электрических параметров в динамическом состоянии. Для регистрации мгновенных значений $i(t)$, $u(t)$ используют гальванометры светолучевого осциллографа типа Н0441 с отметчиком времени $f=500$ Гц, в 10 раз превышает $f_{\text{сети}}$. Скорость осциллографирования $V_{\text{осц}} = 1000$ мм/с. На (рис 2.1) приведена схема включения измерительных шунтов $RS1, RS2, R_0$.

В последнее время для измерения динамических характеристик $i_{\text{д}}(t)$, $u_{\text{д}}(t)$, $p_{\text{д}}(t)$ появились новые осциллографы для типа АОС-5106, которые позволяют вести не только наблюдения, но и запись на компьютере.

На (рис 2.2) приведен внешний вид осциллографа АОС-5106 для измерения динамических характеристик дуги.

Технические характеристики осциллографа АОС-5106 приведены в (табл. 2.1).

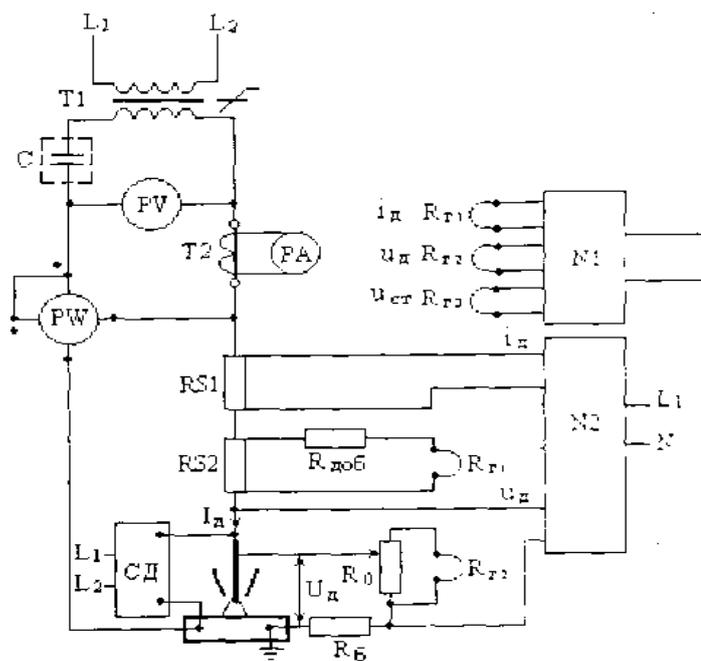


Рисунок 2.1 – Схема измерения параметров сварочной дуги

Характер синусоидального тока определяются по формуле

$$i_d = I_{\max} \sin(\omega t + \psi i), \quad (2.5)$$

где I_m – максимальное значение амплитуды тока. Значение напряжения для дуги имеет вид

$$u_d = U_0 + U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_{u1}), \quad (2.6)$$

где U_0 – постоянная составляющая u_d ; ψ – угол сдвига. Форму напряжения в прямую и обратную полярность можно заменить прямоугольной с амплитудами $U_{пр}$ и $U_{обр}$ (рис.1.11), тогда формула принимает вид

$$u_d = \frac{2(U_{обр} + U_{пр})}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin \frac{(2k-1)\pi}{0,01} + \frac{U_{обр} - U_{пр}}{2}, \quad (2.7)$$

где $U_{пр}$ и $U_{обр}$ – напряжение прямой и обратной полярности. Характер изменения мощности дуги в прямую и обратную полярность во времени определяется расчетным путем как произведение мгновенных значений тока и напряжения $p(t) = i_d(t) \times u_d(t)$ [9,16].



Рисунок 2.2 – Внешний вид осциллографа АОС-5106

Таблица 2.1 - Характеристики осциллографа АОС-5106

Наименование параметров	Количественные значения
1	2
Каналы	2 канала + внешний/запуск
Максимальная частота дискретизации в режиме реального времени	Гвыб/сек (500 Мвыб/сек на канал)
Частота дискретизации в эквивалентном режиме	50 Гвыб/сек
Максимальный объем памяти	до 2 м точек
Вертикальное разрешение	8 бит
Коэффициент вертикального отклонения	2 мВ/дел...5 В/дел, погрешность: $\pm 3\%$ (≥ 5 мВ/дел)
Время нарастания	5,8 нс
Входной импеданс	1 МОм $\pm 2\%$ 17 пФ ± 3 пФ
Максимальное входное напряжение	400 В
Коэффициент развертки	5 нс/дел...50 с/дел с шагом 1-2-5
Источник запуска	канал 1, канал 2, АС, внешний, внешний/5 тип входов: АС, DC, ФВЧ, ФНЧ
Тип запуска дисплея	фронт, импульс, скорость нарастания, видео с выбором строки (PAL, SECAM, NTSC), поочередный
	5,7 дюймов, разрешение 320x234 точек, цветной TFT 64 К

Продолжение таблицы 2.1	
1	2
Интерфейс	USB-host, USB-device , PASS/FAIL, RS232C
Питание	100 В - 240 В / 45 Гц...440 Гц
Потребляемая мощность	50 Вт
Габаритные размеры	305x154x133 мм
Масса	2,3 кг

2.2 Регистрация мощности дуги переменного тока синусоидальной и несинусоидальной формой

Для измерения мощности дуги с минимальными отклонениями был применен ваттметр (рис 2.3), благодаря которому непосредственно в сварочной цепи удастся увеличить точность измерения до 1,5% и уточнить тепловые характеристики дуги при сварке алюминиевых сплавов [9,17,18].

На схеме включения прибора (рис 2.1) можно увидеть наличие двух катушек у электродинамического измерительного механизма благодаря чему возможно включать каждую из них в отдельную электрическую цепь.

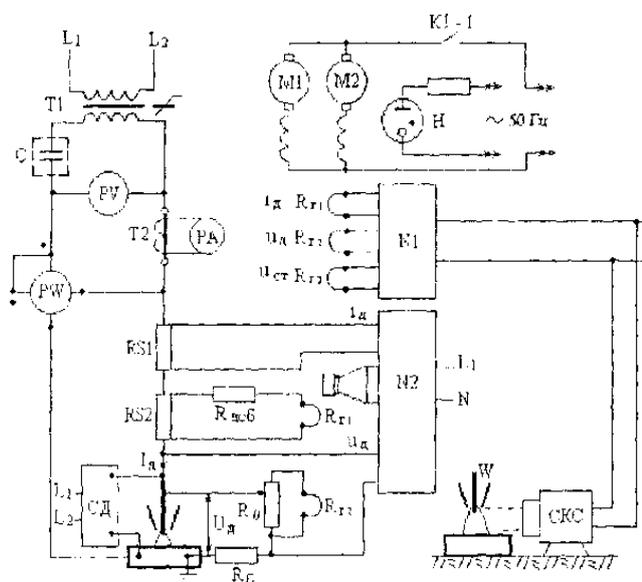


Рисунок 2.3 – Схема измерения параметров сварочной дуги

Для измерения мощности дуги в сварочной цепи токовая катушка ваттметра рассчитывается на 30-500 А и перематывается, а катушка напряжения на 15-30 В остается без изменения. За основу конструкции прибора берется пятиамперный ваттметр типа АСТД класса точности 0,5 (табл 2.2). После перемотки тока катушка производится градуировку прибора и получает градуировочная погрешность, не превышает 1,67% (рис.2.3) [18].



Рисунок 2.3 – Ваттметр для измерения мощности дуги в сварочной цепи

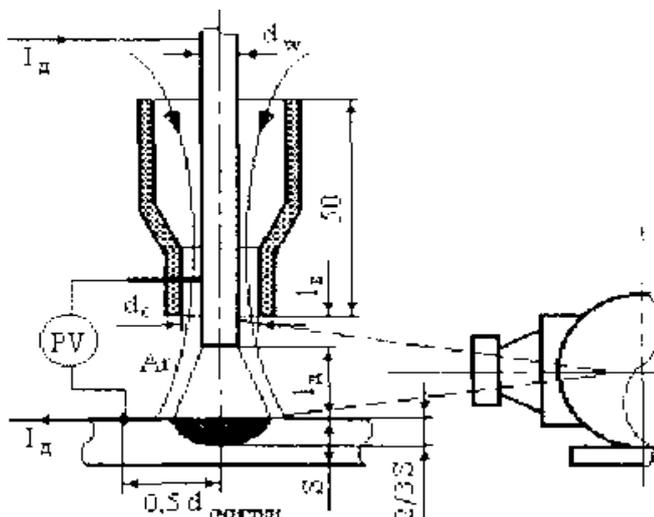
Помимо определения градуированной погрешности проверяется влияние частоты на точность показаний ваттметра. Исследования показали, что погрешность при измерении частоты до 400 Гц составляет 0,53% для поверяемого ваттметра [18]. Благодаря данному прибору мы можем с точностью 1-2% измерить мощность в сварочной цепи [16,18].

Таблица 2.2 - Характеристики ваттметра

Рот тока	Класс точности	I, А	U, В	Габариты, мм	Масса, кг
Постоянного и переменного тока частотой 50 Гц	0,5	5 А	150 В	232×192×117	2,2

2.3 Разработка методики регистрации температуры

Изменение температуры столба дуги можно определить с помощью оптической плотности почернения киноплёнки, величина которой пропорциональна температуре дуги [9,19,20]. Определение плотности почернения киноплёнки проводится скоростной киносъёмкой со скоростью $V_k=1000$ к/с (20 кадров за 0,02 с) (рис.2.4). Исследования изображения дуги за период изменения тока проводятся с шагом $\Delta t_k=1*10^{-3}$ с, что позволяет установить степень плотность почернения киноплёнки с очень большой точностью [19].



I_d –длина дуги, $I_d=3$ мм; I_b – вылет электрода, $I_b =2,5$ мм; $2/3 S$ – глубина наплавки, $S_{AL}=8$ мм; d_c – диаметр сопла, $d_c =16$ мм; I_w –длина вольфрамового электрода: $T_{плw} =3400^{\circ}C$; Q_{Ar} –расход аргона, $Q_{Ar} =(6-7)$ л/мин

Рисунок 2.4 – Измерение оптической плотности почернения киноплёнки

Излучающий свет, падая на поверхность пленки покрытой AgBr, определяет фотографическую или оптическую плотность почернения киноплёнки. Плотность почернения киноплёнки S определяется по формуле,

$$s = \frac{\lg i_0}{i} , \quad (2.8)$$

где отношения светового потока, упавшего на участок почернения i_0 , к световому потоку, прошедшему через участок почернения i по центру дуги (рис.2.5а). По оптической плотности почернения находится диаметр столба дуги $d_{д1} - d_{д6}$ с шагом 0,6 мм (рис.2.5б). Благодаря скоростной киносъемки и регистрации электрических параметров напряжение дуги и тока дуги, позволяет вычислить сечение столба дуги F , плотность тока, степень ионизации по ее длине с шагом 0,6 мм и во временном отрезке $\Delta t_k = 1 \cdot 10^{-3}$ с, определить геометрические размеры столба дуги: длину дуги и диаметр дуги по всей длине дугового промежутка.



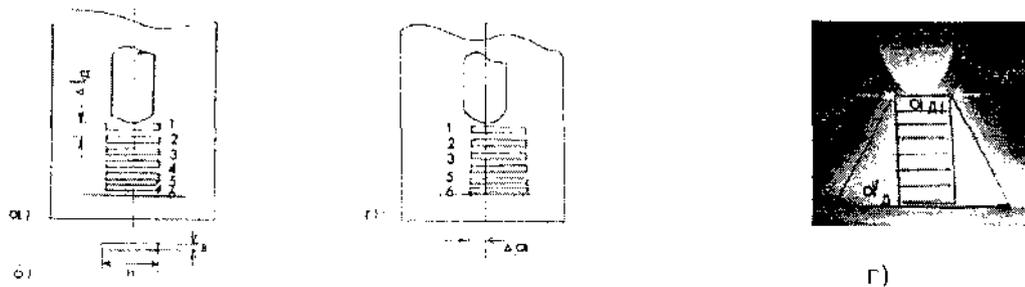
Рисунок 2.5 – Определения плотности почернения (а) и измерение диаметра по длине (б)

На кинограмме показана характеристика дуги при сварка сплава АМгб на переменном синусоидальном токе $i_d = I_{max} \sin \omega t$ в среде аргона (рис 2.6).



Рисунок 2.6 – Кинограмма сварки сплава АМгб на переменном токе в среде аргона: $I_d = 200$ А, $U_d = 12,5$ В, $I = 3$ мм $Q_{Ar} = 6$ л/мин

С помощью микрофотометра МФ-2 можно измерить плотность почернения киноплёнки. С помощью прибора можно производить замеры по длине дуги, следить за плотностью почернения киноплёнки (рис 2.7 а, б, г).



$B_1 = 1,0$ мм ширина осветительной щели, $b = 0,33$ мм ширина щели, $\Delta I_d = 0,6$ мм – шаг измерения

Рисунок 2.7 – Схема установки измерительной щели (а, в), размеры щели $b \times h = 0,33 \times 4,0$ мм (б) и совмещения ее с дугой (г)

Оптические измерения плотности почернения киноплёнки через $1 \cdot 10^{-3}$ позволяет построить зависимости $B(t)$ и $S(t)$ для любого режима. Кинограмма дуги (рис 2.6) совмещается с осциллограммой тока $i(t)$ и напряжение $u(t)$ (рис 2.8).

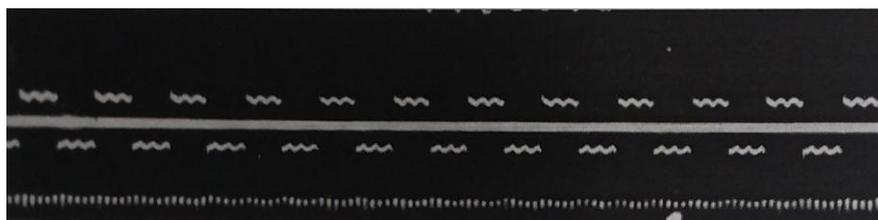


Рисунок 2.8 – Осциллограмма $i_d(t)$ и $u_d(t)$

Между электрическими и неэлектрическими параметрами дуги установлена связь, получены управления, с помощью которых можно производить вычисление d_d в течение периода измерения i_d [21].

На (рис 2.9) приведена общая схема измерения электрических и неэлектрических параметров дуги.

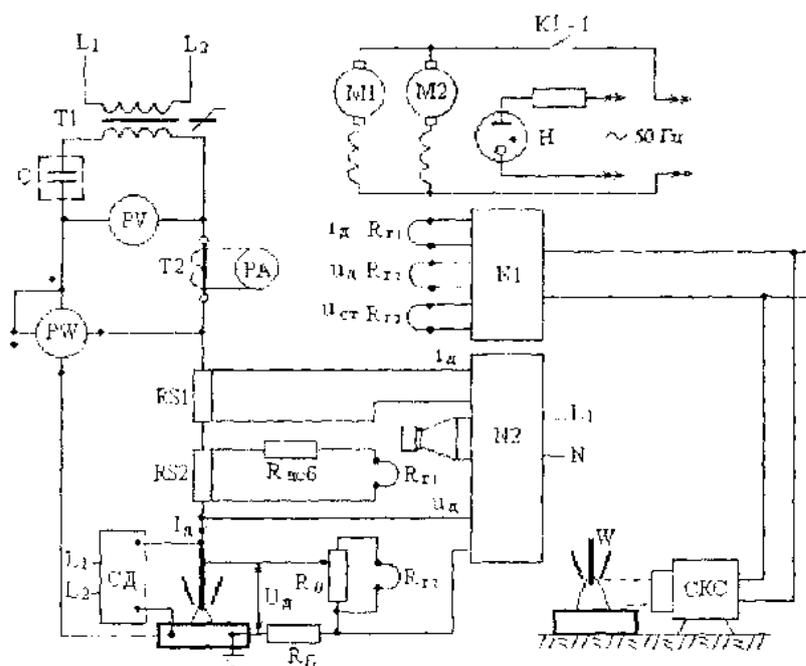


Рисунок 2.9 – Схема измерения электрических и неэлектрических параметров сварочной дуги

Для проведения исследований теплового состояния дуги при сварке неплавящимся электродом на переменном токе синусоидальной и прямоугольной формы необходимо использовать следующее оборудование и приборы: амперметры, вольтметры, ваттметры электромagnetной системы, осциллографы, типа АОС-5106, скоростную кинокамеру СКС-1, измерительные шунты RS, источники питания типа ИПД-300, СПРИ -1, горелку типа ГСД-1 для сварки свободной дугой неплавящимся электродом. Обработка киноплёнок производится микрофотометром.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

3.1 Контроль поступивших деталей

Материалы и присадочные проволоки поступившие на производство должны быть промаркированы и опломбированы заводом изготовителем, также у них должен быть сертификат завода изготовителя о данном материале. Полученный материал должен соответствовать всем нормам «Регламента входного контроля» и соответствовать ГОСТу.

3.2 Разметка и резка

Для разметки применяют чертилку и линейку также возможно использование шаблонов. После разметки в соответствии всем заданным размерам следует операция резка. Для резки металла применяют гильотинные ножницы или углошлифовальную машинку. После резки следует контроль на соответствие заданным габаритам (точность, < 1 мм).

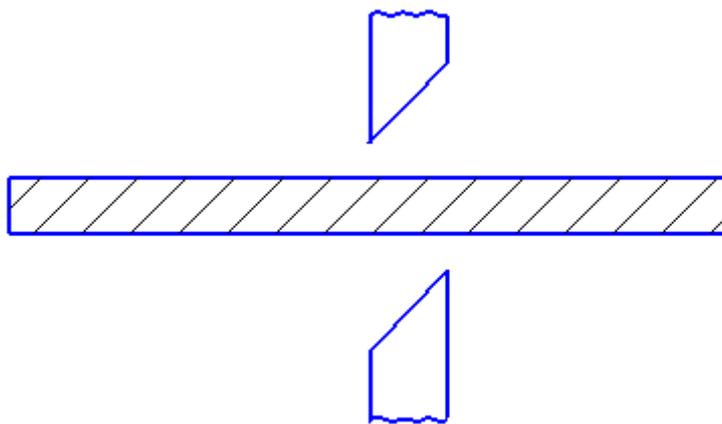


Рисунок 3.1 – Резка гильотинными ножницами

3.3 Очистка поверхности детали от оксидной пленки и подготовка оборудования перед сваркой

Для удаления с поверхности алюминия оксидной пленки необходимо провести зачистку в несколько этапов для ее удаления с поверхности металла.

Кромки свариваемых деталей необходимо зачистить металлической щеткой также, необходимо обезжирить поверхность детали. Детали необходимо обезжиривать ацетоном протирая ветошью. Также можно применить другой способ обезжиривания погрузкой детали в ванну с водным раствором содержащий в себе содержащем 5-10 г/л NaOH, 40-50 г/л тринатрийфосфата, 5 г/л натриевого жидкого стекла (Na_2SiO_3). При температуре раствора 60-70°C с выдержкой времени обезжиривания 3-5 минут.

Необходимо провести травление сварочной проволоки для получения качественного сварного соединения. Детали и сварочную проволоку погружают в 5%-ный раствор щелочи NaOH или KOH, нагретый до 60-70°C (Рис 3.2). Выдерживают 2-3 минуты и промывают сначала горячей, потом холодной водой, одновременно протирая их волосяными щетками, сушка происходит при температуре не ниже 60 °C до полного удаления влаги с поверхности детали.

После очистки детали и сварочной проволоки их следует опломбировать указав время их зачистки так как срок хранения деталей очищенных от оксидной пленки 24 ч, а сварочной проволоки 8 ч после необходимо проводить повторную зачистку от оксидной пленки [5,22].

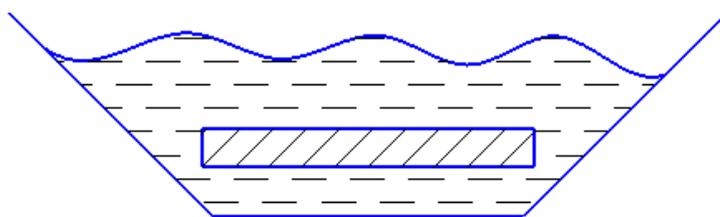


Рисунок 3.2 - Процесс травления детали сплава АМг – 6 в раствор щелочи NaOH

3.4 Сборка и сварка

Деталь необходимо зафиксировать в двух точках для этого используют струбцины (G, F – образные), это необходимо для того чтобы деталь оставалась неподвижна в процессе сварки. Для сварки в качестве источника питания применяем ИПК-350, горелку типа ГСД-1 для сварки свободной дугой неплавящимся электродом.

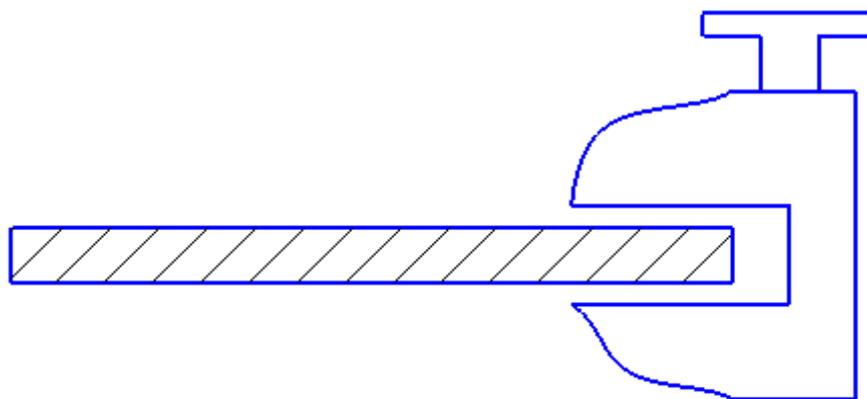


Рисунок 3.3 – Сборка с помощью G – образной струбцины

На сварочном оборудовании выставляют значения, при которых будет проходить сварочный режим: $I_d = 100$ В, $U_d = 14$ В, $d_{\text{шт}} = 2-3$ мм, $Q_{\text{Ar}} = 10-14$ л/мин. Необходимо контролировать максимальное отклонение значений электрических параметров в сети, которое не должно превышать $\pm 10\%$ от

заданных, а сварочного тока не должен превышать 5% от номинального тока дуги. Подачу аргона необходимо обеспечить за 3-5 сек до начала зажигания дуги, также необходимо отключить подачу аргона за 10-15 сек после обрыва дуги. Сварочную горелку необходимо держать под углом в 90° . Для измерения динамических характеристик $i_d(t)$, $u_d(t)$, $p_d(t)$ используем осциллограф для типа АОС-5106, так же для измерения мощности дуги в сварочной цепи применяется приборам типа АСТД класса точности 0,5. Съемку производим скоростной кинокамерой СКС-1 [9,18].

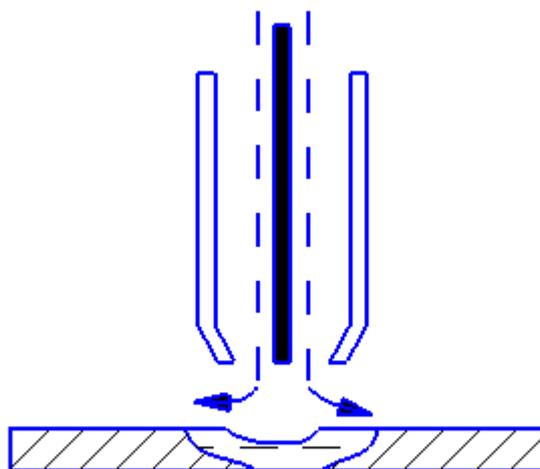


Рисунок 3.4 – Однофазная сварка свободной дугой

3.5 Контроль качества сварного соединения

После сварки детали необходимо проверить на наличие дефектов сварного шва (поры, трещины, не провары корня шва, кратеры). Для нахождения дефектов в сварном шве можно применить рентгенографические методы. При помощи рентгенографического метода можно выявить дефекты типа не проваров, скопления пор. Для нахождения дефектов на поверхности сварного металла используют капиллярный метод нахождения дефектов при помощи набора ДНК-4. На поверхность сварного шва накладывается капиллярная краска, после выдержки времени, чтобы краска могла

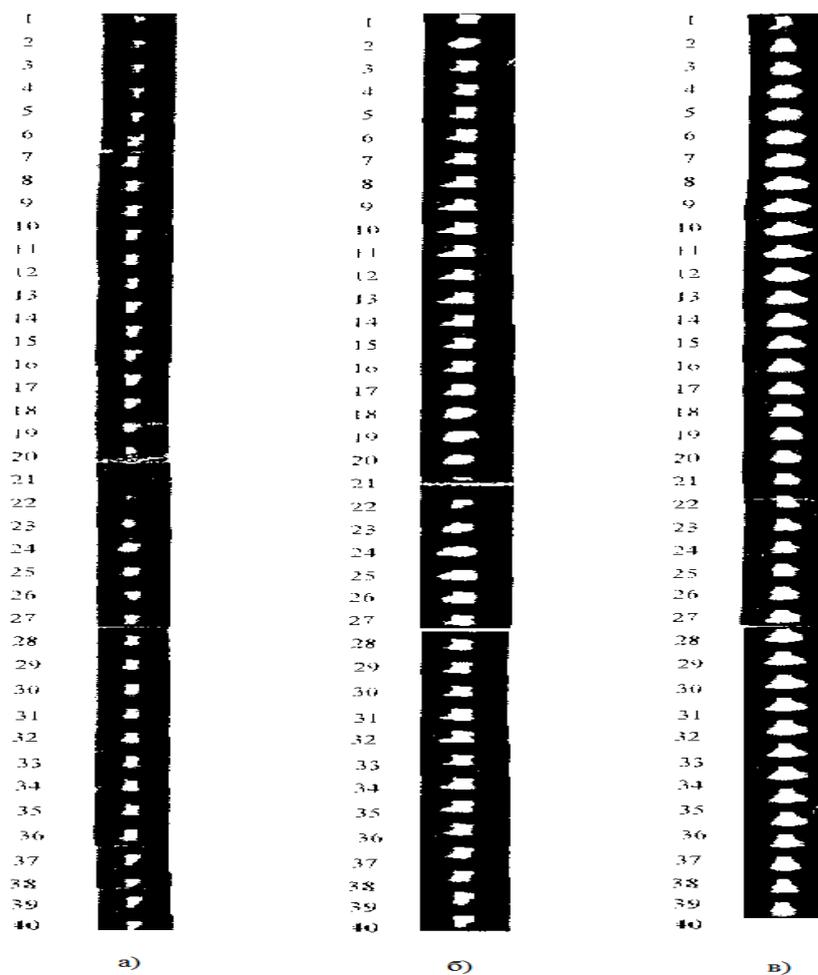
проникнуть во все трещины и поры которые есть на поверхности металла. После выдержки времени краску следует стереть ветошью и нанести проявитель. После проявленных трещин и пор на сварном шве их тщательно исследуют применяя для этого УШС для установления габаритов дефектов и делают вывод. Дефекты которые можно исправить исправляют, дефекты которые нельзя исправить списывают как брак [5].

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

4.1 Исследование теплового состояния дуги переменного тока синусоидальной формы

В соответствии с разработанный методикой наблюдения и регистрации состояние дуги определить параметры дуги для конкретных режимов сварки.

Проведем киносъемку дуги при сварке АМГ-6 на синусоидальном токе $I_d = 112\text{A}$, 200A , 300A в защищенной среде Ar. На (рис 4.1) приведем кинограмма для установления режима тах.



а) $I_A = 118\text{A}$, $U_d = 14\text{B}$, $d_A = 3\text{мм}$; б) $I_d = 200\text{A}$, $U_d = 13\text{B}$, $d_w = 4\text{мм}$; в) $I_d = 300\text{A}$, $U_d = 16\text{B}$, $d_A = 6\text{мм}$

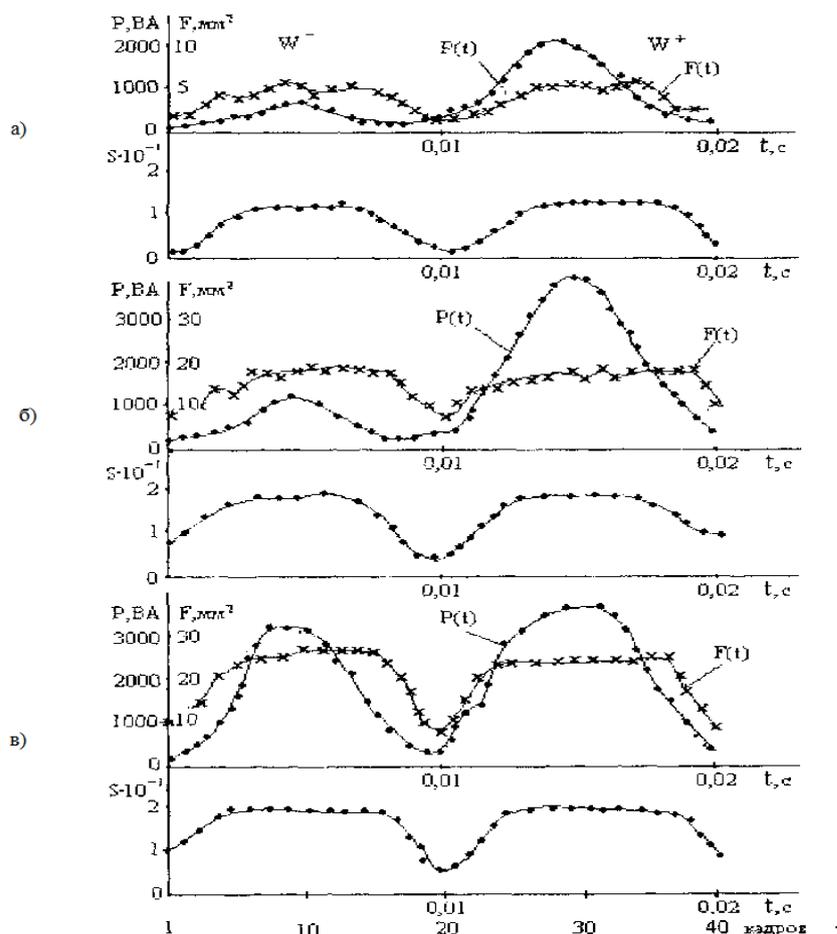
Рисунок 4.1 - Кинограммы для измерения $S(t)$ и $F(t)$ при сварке W-AI в аргоне синусоидальным током ($V_K = 2000$ кадр/с)

Таблица 4.1 – Результаты измерений плотности почернения киноплёнки за период изменения синусоидального тока дуги

№ кад ров	Оптическая плотность, измененная по логарифмической шкале, В							Почернение измеряемого участка, S
	1	2	3	4	5	6		
1	9,4	7,75	7	6,7	7,8		7,3	0,073
2	9	8,2	7,7	7,5	8,1		7,87	0,079
3	13,1	13,1	12,05	10,4	8,6		12,15	0,122
4	15,2	15,65	15,65	15,65	15,65	15,25	15,5	0,155
5	15,1	15,7	15,95	16,2	16,35	15,9	15,87	0,159
6	15,7	16,1	16,4	16,7	16,8	16,3	16,3	0,163
7	15,6	16,3	16,45	16,75	17	16,45	16,43	0,164
8	16,4	16,7	16,9	16,9	16,9	16,4	16,7	0,167
9	16,4	16,5	16,5	16,5	16,2	15,8	16,32	0,163
10	14,6	14,9	14,8	14,5	14,05	13,65	14,4	0,144
11	9,3	8,6	7,85	6,8	6,15		7,35	0,074
12	11	8	7,15	6,6	6,2	8,6	7,3	0,073
13	10,7	10,2	10,2	9,8	9,5	11,3	10,28	0,103
14	13,3	14,35	14,8	14,95	14,6	14,65	14,67	0,147
15	15,1	16	16,35	16,55	16,65	16,4	16,39	0,164
16	15,5	16,3	16,7	16,95	16,9	16,5	16,48	0,165
17	16,45	17,15	17,4	17,5	17,6	17,45	17,26	0,173
18	17,6	17,9	18,1	18,15	18,2	18	17,99	0,1799
19	17,7	18,05	18,15	18,3	18,35	18,1	18,11	0,181
20	16,85	17,5	17,75	17,85	17,8	17,5	17,54	0,175
21	15,15	15,3	15,75	16	16	16,15	15,75	0,158
22	15,45	13,75	13,05	13,2	13,3	13,1	13,28	0,133
23	12,8	12,1	1,65	11,65	11,4	12,1	11,95	0,11955

На киноплёнке определяем плотность почернения в 6 точках по длине дуги. Результаты обработки киноплёнки для $I_d=200A$ приведены в (табл 4.1).

По результатам измерения построены зависимости дуги $S_{д1}(t)$ за период измерения тока для режимов $I_d=112A, 200A, 300A$, приведены на (рис 4.2).



а) $I_d=112A$, $\Delta t_{пр}=10 \cdot 10^{-4}c$, $\Delta t_{обр}=15 \cdot 10^{-4}c$, б) $I_d=200A$, $\Delta t_{пр}=10 \cdot 10^{-4}c$, $\Delta t_{обр}=15 \cdot 10^{-4}c$, в) $I_d=300A$, $\Delta t_{пр}=5 \cdot 10^{-4}c$, $\Delta t_{обр}=10 \cdot 10^{-4}c$

Рисунок 4.2 – Характеристика дуги при сварке W-Al в Ar синусоидальным током

На приведенной кинограмме определить диаметр дуги $d_{д(1-n)}$ и сечение столба $F_d(t)$ в заданных точках по длине дуги. Результатом обработки кинограмм приведен в (табл 4.2).

Установлено, что сечение дуги F_{max} у торца электрода при максимальной амплитуде тока изменяется при смене полярности тока $i=0$ до F_{min} . В зависимости от величины действующего от 112 до 300 А отношение F_{max}/F_{min} составляет 2,8-3,6 [9,16,23].

Зависимости $p(t)$, $S(t)$, $F_d(t)$ за период изменения синусоидального тока позволяют оценить тепловую ситуацию в окрестностях нуля.

Таблица 4.2 – Результаты измерения геометрических параметров столба дуги
за период измерения тока

№ кадр	I_d, A	$d_{изм}, мм$	$D_{расч}, м$	$F_{изм}, мм^2$	$F_{расч}, мм$	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	26,8	3,5	0,32	9,55		$I_d = I_{max} \sin \omega t$, $I_d = 200 A$, $I_d = const$, $Q_{Ar} = const$, $\Delta tk = 0,0005 c$, $V_d = 0$, $V_k = 2000 k/c$, 1 кадр - 0,0005 c, $V_{осц} = 1000 м$ м/с, Источник питания ИПД-300
2	60,3	4,48	1,38			
3	87,1	4,15	2,02	13,48		
4	113,9	4,5	2,57			
5	147,4	4,15	3,17	13,48		
6	174,2	4,15	3,6			
7	201	4,98	4,01	19,5		
8	227,7	4,65	4,38	16,8		
9	254,6	4,65	4,74	16,8		
10	282	4,8	5,08	17,79	12,4	
11	268	4,98	4,91			
12	254,6	4,3	4,74	14,4		
13	234,5	4,8	4,48	17,94		
14	201	4,8	4,01			
15	167,5	4,98	3,5	19,5		
16	147,4	4,8	3,17	16,86	12,4	
17	113,3	4,8	2,57	17,94		
18	87,1	4,1	2,02			
19	53,6	3,5	1,2	9,5		
20	26,8	3,5	0,32			
21	18	3,5	-	9,55		
22	54	4,15	1,21	13,43		
23	84	4,3	1,95	14,4		
24	120	4,3	2,69			
25	144	4,5	3,12	15,8		
26	180	4,5	3,7			
27	210	4,5	4,14	15,8		

28	228	4,65	5,15		
29	264	4,8	4,86		
30	288	4,65	5,15	16,86	12,4
31	270	4,98	4,93		
32	246	4,8	4,63	17,94	
33	222	4,8	4,31	17,97	
34	192	4,68	3,89		
35	168	4,8	3,51	17,94	
36	138	4,88	3,02		
37	108	4,8	2,41	17,94	
38	78	4,65	1,82		
39	48	4,3	1,64	14,4	
40	18	3,98	-	11,86	

На (рис 4.2) результаты экспериментов для трех значений тока дуги $I_d = 112A, 200A, 300A$. Из графика измерения приведенного на (рис 4.2) видно, что интенсивность выделения тепла за период переменного тока неравномерна. Распределение мощности дуги в прямую и обратную полярность тока неравнозначны. Длительность пониженной мощности при смене полярности тока в зависимости $p(t)$ намного больше, чем у $F_d(t)$, P_{max}/P_{min} для прямой полярности составляет 3,6-8 [9].

Наличие температурной ямы, длительность которой изменяется во времени по мере регулирования величины сварочного тока и соизмерима с длительностью работы стабилизатора дуги.

Результатами измерений тепловых состояний дуги и ее геометрических размеров сведение в (табл 4.3).

Таблица 4.3 – Результаты исследований зависимостей $S(t), d_d(t), F_d(t)$

Отношение	$I_d=112A$	$I_d=200A$	$I_d=300A$	Примечание
F_{max}/F_{min}	3,6	2,8	3,4	Прямая полярность
	3,4	2,8	3,06	Обратная полярность
P_{max}/P_{min}	3,6	3,16	8	Прямая полярность
	6,4	9,66	9,3	Обратная полярность
S_{max}/S_{min}	8	4,6	3,62	Прямая полярность
	8	4,6	3,62	Обратная полярность
$t_{пр} 10^{-4}, c$	10	10	5	Прямая полярность
$t_{об} 10^{-4}, c$	15	15	10	Обратная полярность
$\Delta t_{ps} 10^{-4}, c$	2	1,5	0,96	Сдвиг p_{min}

Таким образом, при снижении тока дуги уменьшается мощность дуги, оптическая плотность почернения при переходе тока через нуль, растет длительность переходного процесса Δt в точке нуля. Можно сказать, что столб дуги на грани распада. При регулировании тока от 112 до 300 А, отношение F_{max}/F_{min} , S_{max}/S_{min} максимальный и минимальный амплитуда тока составляет $F_{max}/F_{min} = 3,16-9,66$, $S_{max}/S_{min} = 3,62-8$.

Снижение сечение столба дуги за F_{min} в окрестностях нуля, связано с падением температуры дугового промежутка, которая рассчитывается по оптической плотности почернения киноплёнки при смене полярности тока с прямой на обратную [20,23,25].

4.2 Исследование теплового состояния переменного тока прямоугольной формы

Киносъемку дуги переменного тока прямоугольной формы проводим на токе до 200А. На (рис 4.3а) приведена зависимость $i(t)$ и $u(t)$ (рис 4.3б) дуги переменного тока прямоугольной и кинограмма дуги (рис4.4а)

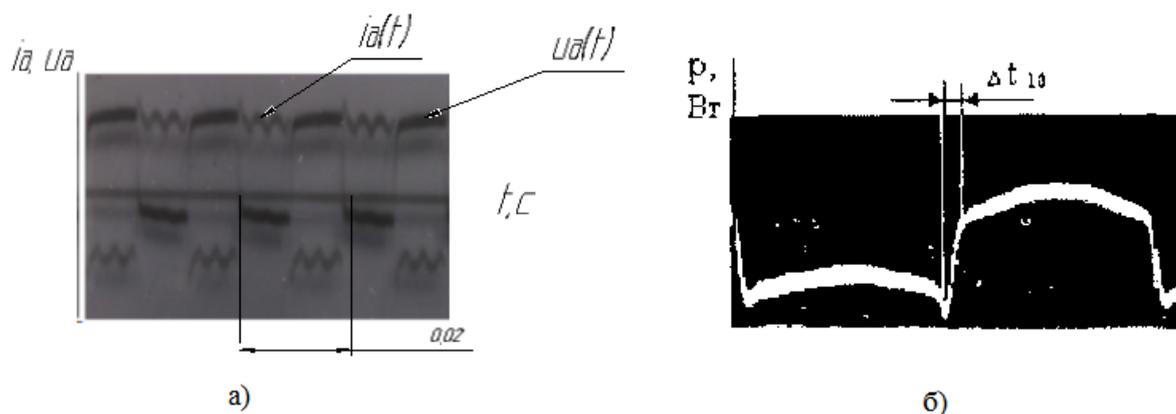


Рисунок 4.3 – Осциллограммы тока (а) мощности дуги (б)

По результатам измерения оптической плотности почернения киноплёнки через $1 \cdot 10^{-3}$ с построены зависимости $S(t)$ (рис. 4.4в). Для зависимости $S(t)$ характерны кратковременные всплески $S(t)$, которые связаны с переходом тока прямоугольной формы через нуль. Длительность всплеска $1,74 \cdot 10^{-3}$ с. Пик всплеска сдвинут относительно перехода тока через нуль на $1,74 \cdot 10^{-3}$ с [9,16,26].

Характер изменения столба дуги за период измерения переменного тока прямоугольной формы не повторяет характер измерения мощности дуги во времени (рис 4.3б). Характер изменения $S(t)$ свидетельствует о том, что при переменном токе прямоугольной формы нет условий для распада дуги и нарушения непрерывности тока при переходе тока через нуль, поэтому не требуется дополнительных источников энергии, сопровождающих переход тока через нуль, как это необходимо при сварке переменным током

синусоидальной формы. Результаты исследований показали, что соотношение $S_{обр}/S_{пр}$ мало отличается друг от друга.

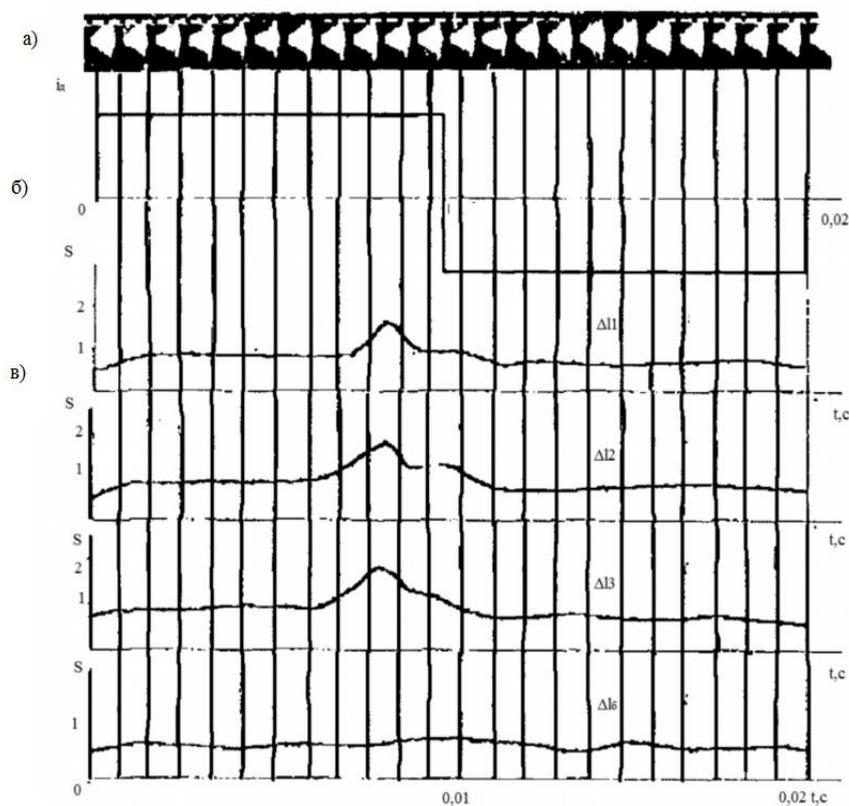


Рисунок 4.4 – Кинограмма (а), зависимости $i_d(t)$ (б) и измерения оптической плотности почернения киноплёнки по длине дуги при сварке W-Alв Ag

Характер изменения зависимостей $p(t)$, $S(t)$, $F_d(t)$, при регулировании тока до 200 А, его максимальная и минимальная амплитуда значений тока в момент смены полярности тока составляет S_{max}/S_{min} изменяется в пределах 1,1-1,25, а также отношение $S_{обр}/S_{пр}=1,15$. Киносъемка проводится при $I_d = 200A, f = 50$ Гц, $Q_{Ar} = 5-7$ л/мин, $d_э = 3$ мм, $l_d = 5$ мм со скоростью $V_k = 1000$ кадр/сек (табл.4.4).

Таблица 4.4 - Результаты измерения геометрических размеров дуги переменного тока прямоугольной формы и S

№ п.п	I_d , А	d_d , мм	F_d , мм ²	s
1	26,4	5,1	20,7	1,4
2	200	5,1	20,7	1,4
3	200	5	19,6	1,45
4	200	5,1	20,7	1,5
5	200	5,27	21,8	1,5
6	200	5,1	20,7	1,5
7	200	5,67	25,28	1,5
8	200	5,4	22,9	1,6
9	200	5,4	22,9	1,62
10	200	3,8	11,2	1,6
11	200	4,1	12,9	1,75
12	26,5	4,1	12,9	1,75
13	200	4,6	16,6	1,63
14	200	3,9	12,1	1,63
15	200	4,1	12,9	1,75
16	200	4,1	12,9	1,75
17	200	4,1	12,9	1,76
18	200	4,1	12,9	1,73
19	200	4,2	13,8	1,72
20	200	3,8	11,2	1,75
21	200	4,1	12,9	1,75
22	200	4,1	12,9	1,75
23	26,4	4,1	12,9	1,5

На основе полученных данных дуги переменного тока прямоугольной формы можно рассматривать как пример стабильности повторных возбуждений дуги при смене полярности, благодаря скорости перехода через нуль, что позволяет дуге переменного тока прямоугольной формы стабильно гореть без дополнительных источников питания.

Результаты исследований зависимости имеет $S(t)$, $d_d(t)$, $F_d(t)$ сведение в (табл 4.5).

Таблица 4.5 – Результаты исследований

Отношение	$I_d = 200A$	Примечание
d_{max}/d_{min}	1,2	При переходе через нуль
F_{max}/F_{min}	1,5	При переходе через нуль
S_{max}/S_{min}	1,25	-
P_{max}/P_{min}	3	P_{max} -обратная, P_{min} -прямая

Таким образом, замена синусоидальной формы переменного тока на прямоугольную, позволяет вести сварку без дополнительных источника энергии (стабилизации дуги) за счет увеличения скорости перехода тока

через нуль ($\frac{d_i}{dt} \geq 200 \frac{KA}{c}$). Кроме того, прямоугольная форма переменного тока изменение теплового состояние дуги, приближает его на воздействие сил искра к дуге постоянного тока, что оказывает влияние на формирование сварочного соединения.

4.3 Металлографические исследования

Определение термического КПД дуги при сварке от источника питания с прямоугольной формой при $t_{пр} = t_{обр}$, $I_{пр} = I_{обр}$, и частоте 50 Гц показало, что возрастает на 20-28% по сравнению со сваркой от источника с синусоидальной формой тока [27].

Повышение проплавляющей способствует переменного тока прямоугольной формы обусловлено мощным газодинамическим воздействием ее на сварочную ванну, связанным с резким изменением давления дуги при смене полярности тока, которое установил Лапин И.Е [24], а также за счет сокращения длительности смены полярности тока, а следовательно, увеличения времени с высокой степенью ионизации дугового промежутка, чем свидетельствуют данные скоростной киносъемки (рис 4.2) и определение степени ее почернения (рис 4.5)

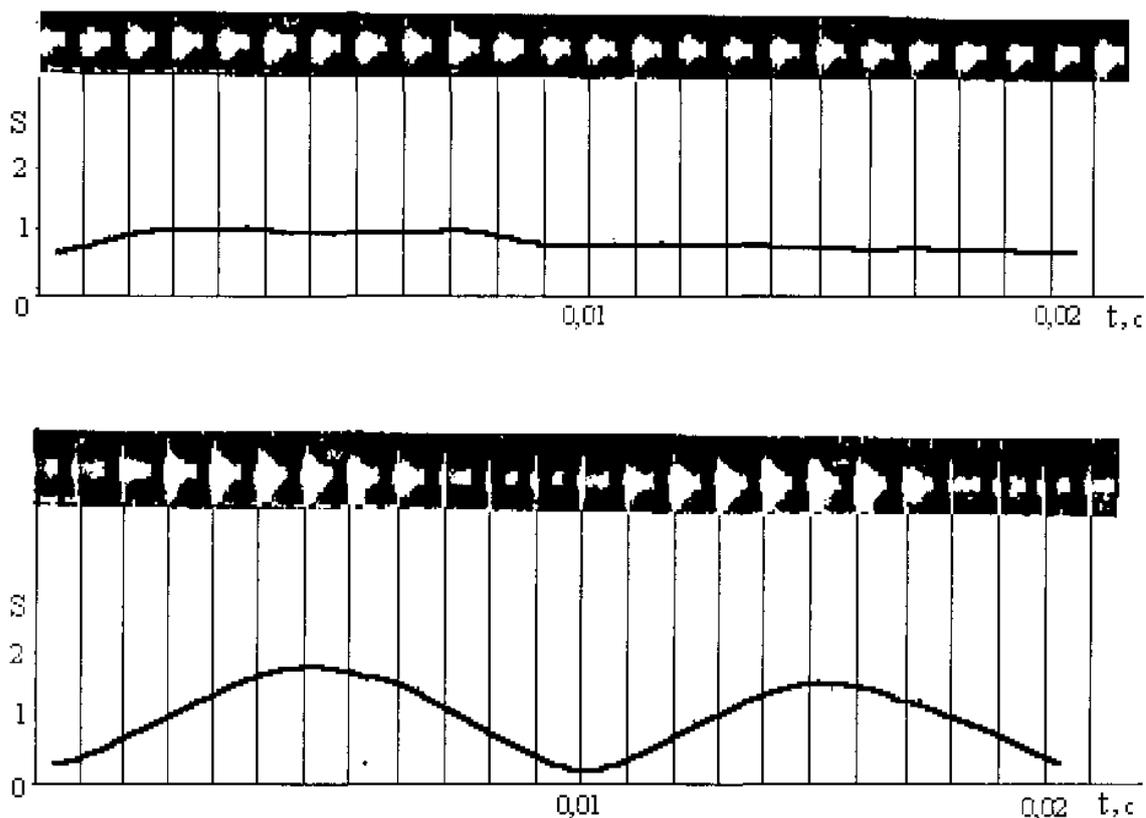


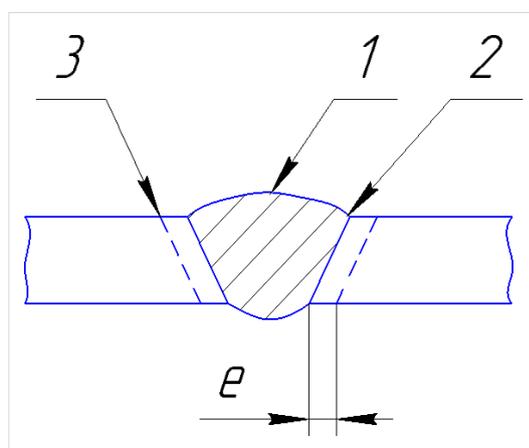
Рисунок 4.5 – Сравнение плотности почернения кинограммы при сварке W-Al в Ar для $I_d = 125$ А различной формы

Проведенные сравнительные металлографические исследования сварных швов и зон сплавления при сварке неплавящимся электродом сплава АМг-6 для синусоидальной и прямоугольной формы тока при постоянной мощности дуги, длине дуги, расходе аргона, частоте 50 Гц показали следующие (рис 4.6).

Микроструктуры наплавленного металла сварного соединения при сварке W-Al в Ar синусоидальным током представляет собой α – твердый раствор дендритного строения с равномерным распределением, β – фазы. С повышением содержания Mg дендриты твердого раствора становится тоньше, количество β – фазы увеличивается. В зоне сплавления по границам зерен происходит оплавление зерен с образованием грубой сетки включений. Оплавление границ зерен приводит к резкому понижению механических свойств металла в нагретом состоянии и является основной причиной

образования трещин в околошовных зонах [28,29]. В зоне шва наблюдаем транскристаллитную структуру, с четко выраженной линией встречи дендритов вторичные ветви слабо развиты. Границы зерен легко протравливаются и утолщены. По границам зерен наблюдается значительное выделение интерметаллидов вторичной фазы (эвтектики).

Использование при сварке прямоугольной формы тока позволяет получить в зоне сплавления более мелкое зерно, границы зерен тоньше и легко протравливаются (рис 4.7е). Выделение интерметаллидов по границе зерен также тоньше. В зоне шва наблюдаем мелкое зерно. Границы зерен размыты (рис 4.7д). В металле шва наблюдается бисерное расположение Mg_5Al_8 по границам зерен, что повышает коррозионную стойкость сплава. Установлено, что ширина зоны термического влияния (рис 4.7е) уменьшается при использовании прямоугольной формы тока.



1 – зона шва, 2 – зона сплавления, 3 – зона термического влияния

Рисунок 4.6 – Сварной шов

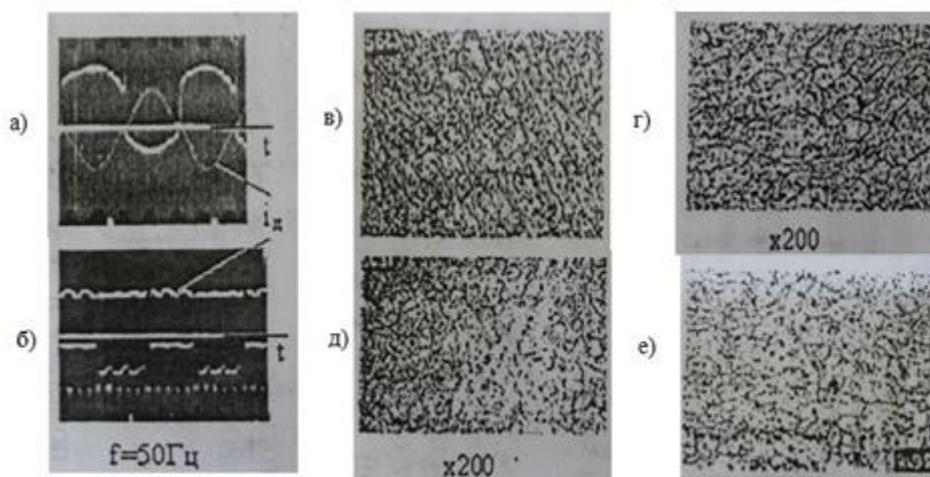


Рисунок 4.7 – Осциллограммы $i_d(t), u_d(t)$, (а,б), структура металла шва (в,д), и зона термического влияния (г,е)

При сварке дугой с симметричной кривой, тока прямоугольной формы устанавливается усредненное давление дуги, которое практически постоянно по величине и действию на сварочную ванну. В этом случае величина и ориентация зерен определяются интенсивными условиями кристаллизации, т.е. погонной энергией.

Таким образом, ток прямоугольной формы в зоне сплавления образует более мелкое зерно. Выделение интерметаллидов по границе зерен тоньше. В зоне шва – мелкое зерно. Границы зерен размыты. Установлено, что ширина зоны термического влияния уменьшается при прямоугольной формы тока.

Результаты исследования проведены в условиях лаборатории кафедры. По лученные данные можно считать предварительными дуга параллельного тока прямоугольной формы позволяет расширить технологические возможности процесса сварки Al сплавов.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

5.1 Конструктивное- технологические характеристики объекта

В данной выпускной бакалаврской работе мы рассматриваем технологию сварки АМг-6 1 м шва

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

№ п / п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемой работы	Наименование должности рабочего, выполняемого данную операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Ручная аргодуговая сварка W-Al(свободной дугой)	Сварка 1 метра шва сплава АМг-6	Электрогазосварщик 6 разряда	ИП-ИПК-350, горелка РГА-150,	Аргон

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая операция, вид выполняемой работы	Опасный и вредный производственный фактор	Источники опасного, вредного производственного фактора
1	Сварка АМг-6 в защитной среде аргона	Физические	Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение
2		Химические	аэрозоли

Инструкция по охране труда для сварщиков дуговой сварки, газосварщиков и газорезчиков И 37.101.7326-2010, которая составлена на основании нормативно-технической документации на АВТОВАЗЕ: ГОСТ 12.4.050-78, ГОСТ 12.4.087-84, ГОСТ 12.4.107-2012, ГОСТ 12.4.184-97, И 37.101.7207-2011, И 37.101.7386-2010.

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасные и вредные производственные факторы	Организационные методы и технологические средства защиты, снижение, устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты сварщика
1	2	3	4
1	Излучение ультрафиолетовое и инфракрасное	Установка защитных экранов	Костюм, ботинки, маска, резиновый коврик, рукавицы, светофильтр хамелион
2	Аэрозоли	Организация вытяжной и приточной вентиляции	-

5.3 Обеспечение пожарной и технологической безопасности технологии объекта

Выявленные вредные факторы технологического ручной аргонодуговой сварке W-Alмогут является источником возникновения пожара.

К опасным факторам пожара следует отнести следующие факторы: пожары, связанные с воспламенением и горением веществ материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество относятся:

-пламя и искры,

-тепловой поток,

-повышенная температура окружающей среды,

-повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	ИПК-350	2	Пожары, произошедшие из за воспламенения и горения веществ материалов электроустановок, находящиеся под электрическим напряжением (Е)	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящей части технологической установки, оборудование, и другого подручного приспособления
2	Электрическая дуга	2	Искры, пламя, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, завышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся радиоактивные (токсичные) вещества (материалы),попавшие в окружающую среду из за пожара установки, оборудования и другого подручного приспособления

5.3.1 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 5.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Стационарные установки пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель, покрывала для изоляции очага возгорания	Пожарный гидрант	Пожарный стенд со средствами тушения пожара	Аптечка, мазь от ожогов	Автоматическая установка пожарной сигнализации
Огнетушитель типа ОУ-2, кошма асбестовая	Московского типа	Кошма, ящик с песком, багор, ведро, лопата	Сульфаргин, бепантен, левомеколь	Система «Стрелец мониторинг»

5.3.2 Организационные материалы по предотвращению пожара

Таблица 5.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Наплавка электрической дугой	Устанавливать ИП на расстоянии не менее 1 м от стены, провести обучение и инструктаж рабочего персонала	И 37.101.7326-2010

5.4 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 5.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса, энергетическая транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Эл. дуга при сварке W-Al сплава	-	Аэрозоли, выбросы в окружающую среду	Замкнутая система охлаждения горелки	Минимальное воздействие есть которое необходимо утилизировать отходы

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

Наименование технического объекта	Аргонодуговая наплавка 1 м шва
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установить фильтрующие элементы в вытяжной вентиляции. Централизованно по цеху
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Очистные воды после мойки производить на очистных сооружениях ОАО «АВТОВАЗ»
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Вредные факторы необходимо подготовить для утилизации по всем правилам и нормам для их дальнейшего утилизирования без вредного влияния на окружающую среду

Заключение

Согласно раздела «Безопасность и экологичность технического объекта» разработан технологический процесс сварки 1 м шва сплава АМг-6 в защитной среде аргона, в технологическом паспорте объекта (табл 5.1) расписан способ сварки, технологическая операция, классификация рабочих, оборудование и материалы.

Приведены идентификация профессиональных рисков и эксплуатационных профессиональных рисков процесса сварки 1 м шва АМг-6 в защитной среде аргона. В качестве опасных и вредных факторов разделяются на химические (аэрозоли) и физические (ультрафиолетовое и инфракрасное излучения) (табл 5.2).

Приведены методы борьбы с опасными и вредными факторами в (табл 5.3), определили фактор пожара на данном сварочном посту которые приведены в (табл 5.4). Разработаны методы борьбы с пожарами приведены в (табл 5.5) и установлены нормы и правила во избежание пожара приведено в (табл 5.6).

Экологические факторы в процессе сварки приведены в (табл 5.7), разработаны методы по их утилизации и методы борьбы с ними в (табл 5.8).

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Таблица 6.1 – Краткие характеристики сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварка однофазной сжатой дугой W-Al (однофазная)	Ручная аргонодуговая W-Al сварка с прямоугольной формой тока (однофазная)

Таблица 6.2 – Исходные данные

№	Наименование показателей	Обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1	2	3	4	5
1	Цена 1 кг			
	-вольфрамовый электрод WP (зеленый)	$C_{эл}$	3657 руб/к	3657 руб/к
	- присадочная проволока АК-5	$C_{пр}$		560 руб/кг
	Аргон, сорт высший ГОСТ 10157	$C_{зг}$	3,54 руб/л	3,54 руб/л
2	Цена оборудования			
	- СПРИ	$C_{об}$		50 000 руб
	- ИПСД-200		64 000 руб	
	- горелка АГНИ-03М	$C_{присп}$		7090 руб/шт
	- плазменная горелка АДСВ-2		7000 руб/шт	

Продолжение таблицы 6.2				
1	2	3	4	5
3	Норма амортизационных отчислений			
	- оборудование	$N_{об}$	18 %	18 %
	- приспособление	$N_{присп}$	12 %	12 %
4	Площадь занимаемая под Оборудование - сварочный пост	$S_{пл}$	18 м ²	18 м ²
5	Цена 1 м ² производственной площади	$C_{пл}$	15000 руб	15000 руб
6	Коэффициент монтажа	$K_{монт}$	-	0,2
7	Норма амортизационных отчислений на здание	$N_{пл}$	2%	2%
8	Норма расхода материалов			
	-вольфрамовый электрод WP	$N_{эл}$	0,009 кг	0,009 кг
	- присадочная проволока АК-5	$N_{пр}$		0,3 кг
	- Аргон	$N_{з.г}$	117 л	112л
9	Время процесса сварки	t_0	13	8
10	Норма расхода электроэнергии	$N_{эл.эн}$	2%	2%
11	Цена электроэнергии	$C_{эл.эн}$	3,67 руб	3,67 руб

Продолжение таблицы 6.2

12	Количество рабочих, обслуживающих оборудование		1 чел	1 чел
13	Часовая тарифная ставка газосварщика 6 разряда	$C_{\text{ч}}$	90 руб/час	90 руб/час
14	Продолжительность рабочей смены	$T_{\text{см}}$	8 ч	8 ч
15	Количество рабочих смен	$S_{\text{к}}$	2	2
16	Коэффициент потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку	$K_{\text{рп}}$	0,06	0,06
17	Коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой	$K_{\text{доп}}$	16%	16%
18	Коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	2,5	2,5
20	Коэффициент внепроизводственных расходов	$K_{\text{вп}}$	0,2	0,2
21	Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности	$E_{\text{н}}$	0,33	0,33

6.1 Расчет нормы штучного времени на выполняемые

технологические операции рассчитываются по формуле:

$$t_{шт} = t_0 + t_b + t_{отл} + t_{обсл} \quad , \quad (6.1)$$

$t_0 = t_m$ – основное машинное время, мин;

t_b – вспомогательное время 10% от t_0 , мин;

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

$t_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места – 8% от t_0 , мин;

Базовый вариант:

$$t_0 = \frac{M_{напл.мет} \times L_{ш}}{a_{н.г}} \quad , \quad (6.2)$$

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла в изделии, кг;

$L_{ш}$ – длина шва в изделии, м;

$a_{н.г}$ – коэффициент наплавки при газовой сварке, л/мин;

$$M_{напл.мет} = \rho \times F_n \times 10^{-3} \quad , \quad (6.3)$$

ρ – плотность наплавленного металла - 2,7 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, мм²

$$F_n = F_1 + F_2 = 21 + 25 = 46 \text{ мм}^2$$

$F_1 = (6-8) \times d_{эл} = 7 \times 3 = 21 \text{ мм}^2$ – первый проход;

$F_2 = (8-12) \times d_{эл} = 10 \times 2,5 = 25 \text{ мм}^2$ – второй проход;

$$M_{напл.мет} = 2,7 \times 46 \times 10^{-3} = 0,12 \text{ кг/м,}$$

Базовый вариант

$$t_0 = \frac{0,12 \times 1}{9} = 13 \text{ мин, тогда}$$

$$t_b = 0,1 \times 13 = 1,3 \text{ мин;}$$

$$t_{отл} = 0,05 \times 13 = 0,65 \text{ мин;}$$

$$t_{обсл} = 0,08 \times 13 = 1,04 \text{ мин;}$$

$$t_{шт}^{баз} = 13 + 1,3 + 0,65 + 1,04 = 16 \text{ мин.}$$

Проектный вариант:

$$t_0 = \frac{0,12 \times 1}{14} = 8 \text{ мин, тогда}$$

$$t_b = 0,1 \times 8 = 0,8 \text{ мин;}$$

$$t_{отл}=0,05 \times 8=0,4 \text{ мин};$$

$$t_{обсл}=0,08 \times 8=0,64 \text{ мин};$$

$$t_{шт}^{баз}=8+0,8+0,4+0,64= 9,64 \text{ мин.}$$

Составляем таблицу трудоемкости операций, предусмотренных технологическим процессом по элементам штучного времени на изготовление изделия по двум сравниваемым вариантам.

Таблица 6.3 – Трудоемкость технологического процесса

Операция		t_o	t_v	$t_{отл}$	$t_{обсл}$	$t_{шт}^{баз}$
Сварочная	Базовая	13	1,3	0,65	1,04	16
	Проектная	8	0,8	0,4	1,04	9,64

6.2 Капитальные вложения в оборудование

6.2.1 Общие капитальные вложения в оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{общ}=K_{пр}+K_{соп}, \quad (6.4)$$

Прямые капитальные вложения в оборудование обозначаются $K_{пр}$ и измеряются в рублях;

Сопутствующие капитальные вложения в оборудование обозначаются $K_{соп}$ и измеряются в рублях;

$$K_{соп}=K_{монт}+K_{дем}, \quad (6.5)$$

$K_{монт}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

Прямые капитальные вложения рассчитываются по формуле:

$$K_{пр} = Ц_{об} \times k_z, \quad (6.6)$$

Суммарная цена на оборудования обозначается $\sum Ц_{об}$ и измеряется в рублях;

Коэффициент загрузки оборудования обозначается k_z .

$$k_3 = \frac{n_{об.расч}}{n_{об.прин}}, \quad (6.7)$$

$n_{об.расч}$ – количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий, рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расч} = \frac{N_{пр} \times t_{шт}}{\Phi_{эф} \times 60}, \quad (6.8)$$

$N_{пр}$ – программа выпуска изделий, $N_{пр}=5000$ шт;

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

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Фонд времени сварочного оборудования рассчитываем по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_k + D_{вых} + D_{пр}) \times T_{см} \times S \times (1 - k_{р-п}), \quad (6.9)$$

За количество календарных дней в году принимается (D_k) и составляет

365 дней в году;

За количество выходных дней в году принимается ($D_{вых}$) и составляет

105 дней в году;

За количество праздничных дней в году принимается ($D_{пр}$) и

составляет 14 дней в году;

За продолжительность рабочей смены принимается ($T_{см}$) и составляет

8 часов;

За количество рабочих смен принимается (S) и составляет одна смена;

За потерю времени работы печи на ремонт и переналадку принимается ($k_{р.п}$) и составляет 0,06 часа.

Базовый вариант:

$$\Phi_{эф} = (365 - 105 - 14) \times 8 \times 2 \times (1 - 0,06) = 3715 \text{ час,}$$

$$n_{об.расч} = \frac{5000 \times 16}{3715 \times 60} = 0,35$$

Для выполнения данной программы выпуска принимаем целое число единиц оборудования, для этого округляем $n_{об.расч}$ до ближайшего целого большего число:

$$n_{об.прин}=1;$$

$$k_3 = \frac{0,35}{1} = 0,35;$$

$$K_{пр}=64000 \times 0,35=22400 \text{ руб};$$

Тогда:

$$K_{общ}^{баз}=K_{пр}=22400 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$\Phi_{эф}=(366-105-14) \times 8 \times 2 \times (1-0,06)=3715 \text{ час},$$

$$n_{об.расч} = \frac{5000 \times 9,64}{3715 \times 60} = 0,21$$

$$n_{об.прин}=1;$$

$$k_3 = \frac{0,21}{1} = 0,21;$$

$$K_{пр}=50000 \times 0,21=10500 \text{ руб};$$

$$K_{пр} = C_{об} \times k_3 = 50000 \times 0,2 = 10000 \text{ руб};$$

$$K_{соп}=K_{монт}=10000 \text{ руб.}$$

Тогда:

$$K_{общ}^{баз}=10500+10000=20500 \text{ руб.}$$

6.2.2 Удельные капитальные вложения в оборудование

Капитальные вложения на единицу изделия рассчитываем по формуле:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ}}{N_{пр}}, \quad (6.10)$$

Базовый вариант:

$$K_{уд}^{баз} = \frac{22400}{5000} = 4,48 \frac{\text{руб}}{\text{шт}}.$$

Проектный вариант:

$$K_{уд}^{баз} = \frac{20500}{5000} = 4,1 \frac{\text{руб}}{\text{шт}}.$$

6.2.3 Дополнительные капитальные вложения

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{общ}}^{\text{пр}} - K_{\text{общ}}^{\text{баз}}$$

$$K_{\text{доп}} = 22400 - 20500 = 1900 \text{ руб.}$$

6.3 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

6.3.1 Затраты на материалы

Затраты на материалы измеряются по формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}, \quad (6.11)$$

Затраты на материалы обозначаются ($ЗМ$) и измеряются в рублях;

Затраты основные обозначаются ($ЗМ_{\text{осн}}$) и измеряются в рублях;

Затраты вспомогательные обозначаются ($ЗМ_{\text{всп}}$)

и измеряются в рублях;

Затраты на основные материалы

$$ЗМ_{\text{осн}} = Н \times Ц, \quad (6.12)$$

$Н$ – нормы расхода материала АМГ-6 (4,50 кг);

$Ц$ – цена материала АМГ-6 (140 руб за 1 кг);

$$ЗМ_{\text{осн.баз}} = 4,0501 \times 40 = 567 \text{ кг/руб};$$

$$ЗМ_{\text{осн.пр}} = 4,050 \times 140 = 567 \text{ кг/руб};$$

Затраты на вспомогательные материалы рассчитываем по формуле:

Базовый вариант:

$$ЗМ_{\text{всп.баз}} = ЗМ_{\text{св}}, \quad (6.13)$$

$$ЗМ_{\text{св}} = ЗМ_{\text{эл}} + З_{\text{з.г}} \quad (6.14)$$

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

$ЗМ_{\text{эл}}$ - затраты на электроды для сварки, руб;

$$ЗМ_{\text{эл}} = 0,009 \times 3657 = 32,9 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{з.г}} = Н_{\text{з.г}} * Ц_{\text{з.г}}, \quad (6.15)$$

$Н_{\text{з.г}}$ норма расхода защитного газа на 1 прогонный метр сварного шва,
л/мин;

$Ц_{\text{з.г}}$ – цена защитного газа, руб/л.

$$Н_{\text{з.г}} = У_{\text{з.г}} \times L_{\text{ш}}, \quad (6.16)$$

$Y_{з.г}$ – удельная норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, л/мин;

$$Y_{з.г} = q_{з.г} \times t_{01}, \quad (6.17)$$

$q_{з.г}$ – норма расхода защитного газа при сварке, $q_{з.г} = 9$ л/мин;

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

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш}}, \quad (6.18)$$

$$t_{01} = \frac{13}{1} = 13 \text{ мин},$$

$$Y_{з.г} = 9 \times 13 = 117 \text{ л/мин};$$

$$H_{з.г} = 117 \times 1 = 117 \text{ л}.$$

Тогда:

$$ЗМ_{св} = 32,9 + 414,18 = 447 \text{ руб};$$

$$ЗМ^{баз} = ЗМ_{всп} = 447 \text{ руб}.$$

Проектный вариант:

$$ЗМ_{всп.баз} = ЗМ_{св}, \quad (6.19)$$

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{эл} + З_{з.г} + З_{пр.пр}, \quad (6.20)$$

$З_{пр.пр}$ – затраты на присадочную проволоку, руб.

$$З_{пр.пр} = H_{пр.пр} \times Ц_{пр.пр}, \quad (6.21)$$

$H_{пр.пр}$ – норма расхода присадочной проволоки на одно изделие, кг;

$Ц_{пр.пр}$ – цена присадочной проволоки, руб. за 1 кг.

$$З_{пр.пр} = 0,3 \times 560 = 168 \text{ руб};$$

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш}}, \quad (6.22)$$

$$t_{01} = \frac{8}{1} = 8 \text{ мин},$$

$$Y_{з.г} = 14 \times 8 = 112 \text{ л/мин};$$

$$H_{з.г} = 112 \times 1 = 112 \text{ л}.$$

$$ЗМ_{эл} = 0,009 \times 3657 = 32,9 \text{ руб};$$

Тогда:

$$ЗМ_{св} = 32,9 + 396,4 + 168 = 597,4 \text{ руб};$$

$$ЗМ^{пр} = ЗМ_{всп} = 597,4 \text{ руб}.$$

6.3.2 Затраты на технологическую энергию

Затраты на электрическую энергию для дуговой сварки рассчитывают по формуле:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \times t_0}{n} \times Ц_{э-э}, \quad (6.23)$$

Затраты на электроэнергию обозначаются ($Z_{э-э}$) и измеряются

в рублях;

Полезная мощность оборудования обозначается ($P_{об}$) и измеряется

в кВт;

Основное время работы печи обозначается (t_0) и измеряется

в минутах;

Коэффициент полезного действия оборудования обозначается (η).

$$P_{об} = I_{св} \times U_{д}, \quad (6.24)$$

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$U_{д}$ – напряжение на дуге, В.

Для базового варианта:

$$I_{св} = 100 \text{ А}, U_{д} = 27 \text{ В}, \eta = 0,8;$$

$$P_{об} = 100 \times 27 = 2700 \text{ Вт} = 2,7 \text{ кВт},$$

$$Z_{э-э}^{пр} = \frac{2,7 \times 13}{0,8 \times 60} \times 3,67 = 2,67 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$I_{св} = 150 \text{ А}, U_{д} = 18 \text{ В}, \eta = 0,75;$$

$$P_{об} = 150 \times 18 = 2700 \text{ Вт} = 2,7 \text{ кВт},$$

$$Z_{э-э}^{пр} = \frac{2,7 \times 8}{0,8 \times 60} \times 3,67 = 1,65 \text{ руб.}$$

6.3.3 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и не стандартного оборудования, приспособлений, рабочего инструмента и производственных площадей.

6.3.3.1 Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и нестандартного оборудования

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р}, \quad (6.25)$$

Затраты на оборудование обозначаются ($Z_{об}$) и измеряются в рублях;

Амортизационные отчисления на печь обозначаются ($A_{об}$)

и измеряются в рублях;

Затраты на текущий ремонт оборудования обозначаются ($P_{т.р}$)

и измеряются в рублях.

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} \times N_{т.р} \times k_3}{\Phi_{эф} \times 100}, \quad (6.26)$$

$N_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт, $N_{т.р}=35\%$.

Для базового варианта:

$$A_{об} = \frac{64000 \times 18 \times 16}{3715 \times 60 \times 100} = 0,8 \text{ руб.},$$

$$P_{т.р} = \frac{64000 \times 35 \times 0,35}{3715 \times 100} = 2,1 \text{ руб.},$$

$$Z_{об}^{баз} = 0,8 + 2,1 = 2,9 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта

$$A_{об} = \frac{50000 \times 18 \times 9,64}{3715 \times 60 \times 100} = 0,4 \text{ руб.},$$

$$P_{т.р} = \frac{50000 \times 35 \times 0,21}{3715 \times 100} = 0,9 \text{ руб.},$$

$$Z_{об}^{баз} = 0,4 + 0,9 = 1,3 \text{ руб.}$$

6.3.3.2 Затраты на содержание и эксплуатацию приспособлений

$$Z_{присп} = \frac{C_{присп} \times N_{присп} \times t_{шт}}{T_{присп} \times N_{присп} \times 100 \times 60}, \quad (6.27)$$

Норма амортизационных отчислений на приспособления обозначается

($N_{априсп}$);

Цена контейнера, используемого в данном технологическом процессе обозначается ($C_{присп}$) и измеряется в рублях;

Срок службы обозначается ($T_{присп}$) и составляет 3 года.

Для базового варианта:

$$Z_{присп}^{пр} = \frac{7000 \times 12 \times 16}{3 \times 5000 \times 100 \times 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта:

$$З_{\text{присп}}^{\text{пр}} = \frac{7090 \times 12 \times 9,64}{3 \times 5000 \times 100 \times 60} = 0,009 \text{ руб.}$$

6.3.3.3 Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{\text{плоч}} = \frac{Ц_{\text{плоч}} \times S_{\text{плоч}} \times На_{\text{плоч}} \times t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \times 100 \times 60}, \quad (6.28)$$

Цена 1м² производственной площади обозначается ($Ц_{\text{плоч}}$)

и составляет 15000 рублей;

Норма амортизационных отчислений на здания обозначается ($На_{\text{плоч}}$)

и составляет 2%;

$S_{\text{плоч}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м².

Для базового варианта:

$$З_{\text{плоч}}^{\text{баз}} = \frac{15000 \times 18 \times 2 \times 16}{3715 \times 100 \times 60} = 0,38 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта:

$$З_{\text{плоч}}^{\text{баз}} = \frac{15000 \times 18 \times 2 \times 9,64}{3715 \times 100 \times 60} = 0,23 \text{ руб.}$$

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

Фонд заработной платы (ФЗП) производственных рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}}, \quad (6.29)$$

Основная заработная плата производственных рабочих рассчитывается по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = C_{\text{шт}} \times t_{\text{шт}} \times k_{\text{зпл}}, \quad (6.30)$$

$C_{\text{шт}}$ – часовая тарифная ставка, руб/ч;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \times k_{\text{вн}} \times k_{\text{у}} \times k_{\text{пф}} \times k_{\text{н}}, \quad (6.31)$$

Коэффициент премирования обозначается ($k_{\text{пр}}$) и составляет 1,25;

Коэффициент выполнения норм обозначается ($k_{\text{вн}}$) и составляет 1,1

Коэффициент доплат за условия труда обозначается ($k_{\text{у}}$)

и составляет 1,1

Коэффициент доплат за профессиональное мастерство обозначается ($k_{нф}$) и составляет 1,067;

Коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены обозначается ($k_{н}$) и составляет 1,133

Дополнительные заработная плата производственных рабочих рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{k_{д}}{100} \times ЗП_{\text{осн}}, \quad (6.32)$$

$k_{д}$ – коэффициент соотношения между основным и дополнительной заработной платой, $k_{д}=16\%$.

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{\text{с.н}} = \frac{H_{\text{соц}} \times \Phi ЗП}{100}, \quad (6.33)$$

Норма отчислений на социальные нужды обозначается ($H_{\text{соц}}$) и составляет 30%.

Для базового варианта

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,067 \times 1,133 = 1,83;$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 90 \times 0,26 \times 1,83 = 43 \text{ руб/ч};$$

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{16}{100} \times 43 = 6,88 \text{ руб};$$

$$\Phi ЗП^{\text{баз}} = 43 + 6,88 = 49,8 \text{ руб};$$

$$O_{\text{с.н}}^{\text{баз}} = \frac{30 \times 49,8}{100} = 15 \text{ руб}.$$

Для проектного варианта

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,067 \times 1,133 = 1,83;$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 90 \times 0,16 \times 1,83 = 26 \text{ руб/ч};$$

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{16}{100} \times 26 = 4,16 \text{ руб};$$

$$\Phi ЗП^{\text{баз}} = 26 + 4,16 = 30,1 \text{ руб};$$

$$O_{\text{с.н}}^{\text{баз}} = \frac{30 \times 30,1}{100} = 9,03 \text{ руб}.$$

6.3.5 Технологическая себестоимость изделия

$$C_{\text{тех}} = 3M + 3_{\text{э-э}} + 3_{\text{об}} + 3_{\text{присп}} + 3_{\text{площ}} + \text{ФЗП} + O_{\text{с.н.}}, \quad (6.34)$$

Для базового варианта:

$$C_{\text{тех}}^{\text{баз}} = 447 + 2,67 + 2,9 + 0,01 + 0,38 + 49,8 + 15 = 517,7 \text{ руб}$$

Для проектного варианта:

$$C_{\text{тех}}^{\text{пр}} = 597,3 + 1,65 + 1,3 + 0,009 + 0,23 + 30,1 + 9,03 = 639,6 \text{ руб}$$

6.3.6 Цеховая себестоимость изделия

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}, \quad (6.35)$$

Цеховые (общепроизводственные) расходы обозначаются ($P_{\text{цех}}$)

и измеряются в рублях;

$$P_{\text{цех}} = k_{\text{цех}} \times 3\text{ПЛ}_{\text{осн}}, \quad (6.36)$$

Коэффициент цеховых (общепроизводственных) расходов обозначается ($k_{\text{цех}}$) и составляет 2,5.

Базовый вариант:

$$P_{\text{цех}} = 2,5 \times 43 = 107 \text{ руб};$$

$$C_{\text{цех}} = 517,7 + 107 = 624,7.$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{цех}} = 2,5 \times 26 = 65 \text{ руб};$$

$$C_{\text{цех}} = 639,6 + 65 = 704,6 \text{ руб}.$$

6.3.7 Заводская себестоимость изделия определяется по формуле:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}}, \quad (6.37)$$

Заводские (общехозяйственные) расходы обозначаются ($P_{\text{зав}}$)

и измеряются в рублях;

Заводские (общехозяйственные) расходы определяются по формуле:

$$P_{\text{зав}} = k_{\text{зав}} \times 3\text{ПЛ}_{\text{осн}}, \quad (6.38)$$

Коэффициент заводских (общехозяйственных) расходов обозначается ($k_{\text{зав}}$) и составляет 1,8.

Базовый вариант:

$$P_{\text{зав}}=1,8 \times 43=77 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{зав}}=642,7+77=719,7 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{зав}}=1,8 \times 26=47 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{зав}}=704,6+47=751 \text{ руб.}$$

6.3.8 Полная себестоимость изделия определяется по формуле:

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{зав}} + P_{\text{вн}}, \quad (6.39)$$

Внепроизводственные расходы обозначаются ($P_{\text{вн}}$) и измеряются в рублях.

Внепроизводственные расходы определяются по формуле

$$P_{\text{вн}} = k_{\text{вн}} \times C_{\text{зав}}, \quad (6.40)$$

Коэффициент внепроизводственных расходов обозначается ($k_{\text{вн}}$)

и составляет 0,05.

Базовый вариант:

$$P_{\text{вн}}=0,05 \times 719=36 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{полн}}^{\text{баз}}=719+36=755 \text{ руб.}$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{вн}}=0,05 \times 704=35 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{полн}}^{\text{баз}}=704+35=739 \text{ руб.}$$

Таблица 6.4 – Калькуляция себестоимости изделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
1	2	3
1.Материалы	567	567
2.Электроэнергия	2,67	1,65

3. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	2,9	1,3
4. Затраты на содержание приспособлений	0,01	0,009
5. Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	0,38	0,23
6. Основная заработная плата	43	26
7. Дополнительная заработная плата	6,88	4,16
8. Отчисления на социальное страхование	15	9,03
9. Технологическая себестоимость	517,7	639,6
10. Цеховая себестоимость	624	704
11. Заводская себестоимость	719,7	751
12. Внепроизводственные расходы	36	35
13. Полная себестоимость	755	739

6.3.9 Расчет экономической эффективности разрабатываемого проекта

6.3.9.1 Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения

себестоимости изготовления изделия определяется по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \text{Э}_{\text{у.г}} = (C_{\text{пол}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{проект}}) \times N_{\text{пр}}, \quad (6.41)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \text{Э}_{\text{у.г}} = (755 - 739) \times 5000 = 80000 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс нового оборудования, может быть рассчитан по формуле:

$$\mathcal{E}_r = [C_{полн}^{баз} + E_n \times K_{уд}^{баз} - C_{полн}^{пр} + E_n \times K_{уд}^{пр}] \times N_{пр}, \quad (6.42)$$

Полная себестоимость продукции (базовая и проектная), тем более до и после внедрения нового оборудования обозначается ($C_{полн}^{баз}$) ($C_{полн}^{пр}$) и измеряется в рублях;

Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности обозначается (E_n) и составляет 0,33.

$$\mathcal{E}_r = [(755 + 0,33 \times 4,48) - (739 + 0,33 \times 4,1)] \times 5000 = 80000$$

6.3.9.2 Срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций) определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{проект}}{Пр_{ож}}, \quad (6.43)$$

$$T_{ок} = 20500 / 80000 = 0,2 \text{ года.}$$

6.3.9.3 Коэффициент сравнительной экономической эффективности

Данный коэффициент является величиной обратной сроку окупаемости капитальных вложений

$$E_{ср} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (6.44)$$

$$E_{ср} = 1 / 0,2 = 5$$

Внедряемое мероприятие эффективно.

6.4 Расчет повышения производительности труда

6.4.1 Снижение трудоёмкости изготовления изделия рассчитывается по формуле

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{шт}^{баз} - t_{шт}^{проект}}{t_{шт}^{баз}} \times 100\%, \quad (6.45)$$

Время (базовое) штучное на выполнения сварки обозначается ($t_{шт}^{баз}$)

и измеряется в минутах;

Время (проектное) штучное на выполнения сварки обозначается ($t_{шт}^{проектн}$) и измеряется в минутах.

$$\Delta t_{шт} = \frac{16 - 9,64}{16} \times 100\% = 39,7\%$$

Снижение трудоемкости сварки 1 м шва происходит за счет снижения трудоемкости выполняемых работ.

6.4.2 Повышение производительности труда

Повышение производительности труда определяется по формуле

$$\Delta П_{Т} = \frac{100 \times t_{шт}}{100 - t_{шт}} (\%), \quad (6.46)$$

$$\Delta П_{Т} = \frac{100 \times 39,7}{100 - 39,7} = 66\%$$

Заключение

Проектная технология более эффективна вследствие повышения производительности труда на 66% и снижения трудоемкости изготовления изделия на 39,7%. Данная технология окупится за 0, 2 года из-за повышения производительности труда и снижения трудоемкости. Качество продукции не изменится. Предложенная модернизация не требует особого классифицированного специалиста для сварки 1 м шва сплава АМг-6 в защитной среде аргона. Технология с точки зрения охраны труда и техники безопасности более безопасная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПРОЕКТУ

Была разработана методика определения теплового состояния дуги переменного тока благодаря скоростной кинокамере. Разработана методика регистрации электрических параметров $i(t)$, $u(t)$, $p(t)$ с помощью осциллографа типа АОС-5106, и для измерения мощности в сварочной цепи с помощью пятиамперного ваттметра типа АСТД. Была разработана методика технологического процесса. Было проведено экономическое исследование, которое позволило выявить, что технология окупится за 0,2 года из-за повышения производительности труда и снижения трудоемкости.

Список используемых источников

1. Багров, Н.М. Основы отраслевых технологий : учебное пособие / Н.М. Багров, - СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2006. - 251с. (78-79 стр.)
2. Алексеев Е.К. Сварочное дело в строительстве Издание 2. Москва 1962г-352с.(191стр.)
3. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение) : Справочник.. - Киев Изд-во Наукова Думка, 2005. - 350с. (21-28 стр.)
4. Малышев Б.Д., Мельник В.И, Гетия И.Г. Ручная дуговая сварка. – М. : Изд-во Машиностроение, 1990г.- 315с. (223-229стр)
5. Киселев С.Н., Хаванов В.А., Рошин В.В., Таран В.И. Газоэлектрическая сварка алюминиевых сплавов. – М. : Изд-во Машиностроение, 1972. - 176с. (62-63стр)
6. Рабкин Д.М., Игнатьев В.Г., Довбищенко И.В. Дуговая сварка алюминия и его сплавов.- М. : Изд-во "Машиностроение", 1982г. - 95с. (60-63стр)
7. Столбов В.И. Короткова Г.М Технология и оборудование для сварки трехфазной дугой неплавящимся электродами. – Куйбышев :КуАИ, 1984 г.- 82с. (3-12стр)
8. Михайлов Г.П. Сварка трехфазной дугой. – Москва- Свердловск : Гос.науч.-техн. изд-во машиностроительной лит-ры, 1956- 239с.
9. Короткова Г.М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография / Г.М. Короткова. – Тольятти : ТГУ, 2009.- 335с.
10. Соснин Н.А. Плазменные технологии. Сварка, нанесение покрытий, упрочнение. - Москва, 2008. - 394 с. (42-53стр)
11. Арутюнов В.О. Расчет и конструкции электроизмерительных приборов, ГЭИ, 1956.-552 С.

12. Cassie, A.M. A New Theory of Arc. Rupture and Circuit severity / A.M. Cassie. – CiGRE, 1963. – N 102.

13. Bertung, M Influence of d.c. generators welding transformers an arc Stability and electrode burm-off-rate //Brit. Wdg., 11.1964. – Н. 4. – P. 172-182.

14. Dorn, Lutz, Rippl Peter. Power source influence in are Welding-dinamic behavior in manual arc welding with alternating crrent. // Scgweiss und Scheid, 1986.38. - № 10. – E176-E177, 514-517.

15. Вострокнутов, Н.Г. Техника измерений электрических и магнитных величин / Н.Г. Вострокнутов. — М. ; Л.: ГЭИ - Судпромгиз, 1966.-271 с.

16. Короткова, Г.М. Динамические характеристики дуги переменного тока при сварке алюминиевых сплавов / Г.М. Короткова// Автоматическая сварка.-1984.-№ 11.-с.-30-32.

17. Арутюнов В.О. Расчет и конструкции электроизмерительных приборов, ГЭИ, 1956.-552 С.

18. Короткова, Г.М. исследование энергетических характеристиках дуги, источника питания и разработка принципов конструирования электрооборудования для сварки импульсной дугой неплавящимся электродом: дис. канд.тех.наук/Г.М. Короткова.-М.,1966.-225 с.

19. Прокофьев В.К. Фотографические методы количественного спектрального анализа металлов и сплавов. 4.1.-М.-Л. : Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1953.-367 с.

20. Китаева В.Ф., Колесников В.Н., Обухов-Денисов В.В. и Соколов Н.Н.

Структура столба дугового разряда в аргоне [Текст] // Журнал технической физики.

Т. XXXI1. - 1962. - № 9. - С. 1084-1089.

21. Тиходеев. Г.М. Энергетические свойства электрической сварочной дуги / Г.М. Тиходеев. - М.-Л. :Изд.АН СССР, 1961.- 251с.

22. Barhornt, S., The cathodie etching technique automated aluminum tube welding / Weld. J., 1985.64. - № 5. – 28-31 p.

23. Кукеков Г.А. Выключатели переменного тока высокого напряжения – Л. :Энергия,19972. – 238 с.

24. Лапин, И.Е. Повышение технологических свойств дуги при сварке неплавящимся электродом в инертных газах: дисс. Д-ратехн. Наук/ И.Е.Лапин. – Волгоград, 2004. -373 с.

25. Agunov, A.V. Energy characteristics of the power source – welding arc / A.V. Agunov, M.V. Agunov, G.M. Korotkova, V.I. Stolbov, A.A. Shevtsov // Welding International. – 2002. – P. 966-969.

26. Mayr, O. Beitrag zur Theorie der statischen und dynamischen Lichtbogen / O. Mayr // AfE.1943. – Bd. 37. – P.588.

27. Никифоров, Г.Д. Условия возникновения пор при сварке алюминия и его сплавов / Г.Д. Никифоров, А.Г. Махортова // Сварочное производство. – 1961. - № 3. – С. 8-11.

28. Колачев, Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М. :Изд-во МИСИС, 1999. – 413 с.

29. Никифоров, Г.Д. Металлургия сварки плавления алюминиевых сплавов/ Г.Д. Никифоров. - М. : Машиностроение, 1972. – 263 с.

30. А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова, Правила оформления выпускных квалификационных работ по подготовки бакалавра и специалиста: учеб.-метод. Пособие/ А.Г.Егоров и др.-Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013.-99с.:обл.

31. Краснопевцева И.В. Экономическая часть дипломного проекта: учеб. – метод. пособие/ И.В. Краснопевцева Тольятти: ТГУ, 2008. – 40 с.

32. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. 33 с.