

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра / департамент / центр «Сварка, обработка металла давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Исследование динамических характеристик дуги при сварке
неплавящимся электродом алюминиевых сплавов»

Студент

М. А. Макурин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т. н., доцент Г.М. Короткова

ученая степень, звание, И.О. Фамилия

Консультант

ст. преподаватель Д.Э. Советкин

ученая степень, звание, И.О. Фамилия

Тольятти 2022

Аннотация

В связи с активным развитием промышленности, а также исследованием различного рода сварки, возникает потребность в регистрации данных по исследованию динамических характеристик дуги.

Для сварки алюминиевых и магниевых сплавов неплавящимся вольфрамовым электродом в защитной среде выпущены разные серии источников питания переменного тока прямоугольной формы которые способны регулировать частоту тока в диапазоне от 8 до 125 Гц.

Исследование дуги переменного тока прямоугольной формы показало, что скорость перехода тока через 0 в источнике питания колеблется от 55 до 210 кА/с на минимальных токах дуги источника питания и от 110 до 600 кА/с. В связи с использованием для сварки несинусоидальной формы тока необходимо регистрировать и измерять ток.

Поставленная цель работы – повышение качества исследования динамических характеристик дуги при сварке неплавящимся электродом алюминиевого сплава.

В ходе работы были выполнены следующие части: исследованы источники питания прямоугольного тока; изучены осциллографы, способные снимать показания с источника питания прямоугольного тока; разработана технология калибровки параметров регистратора Новского второй модели; разработана технология сварки точками вольфрам – алюминий инвертором TIG-200P.

Произведен анализ технологии исследования динамических характеристик дуги на наличие вредных и производственных факторов.

Рассчитана стоимость проведения исследований.

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, в которой 48 страниц, 32 рисунка, 11 таблиц, презентацию работы.

Annotation

Due to the active development of industry, as well as the study of various types of welding, there is a need to register data on the study of the dynamic characteristics of the arc.

For welding aluminum and magnesium alloys with a non-melting tungsten electrode in a protective environment, different series of rectangular-shaped AC power supplies have been produced that are capable of regulating the current frequency in the range from 8 to 125 Hz.

The study of the rectangular arc of alternating current showed that the rate of current through 0 in the power source ranges from 55 to 210 kA/s at the minimum arc currents of the power source and from 110 to 600 kA/s. Due to the use of a non-sinusoidal current.

The aim of the work is to improve the quality of the study of the dynamic characteristics of the arc during electrode of an aluminum alloy.

In the course of the work, the following parts were performed: rectangular current power sources were investigated; oscilloscopes capable of taking readings from a rectangular current power source were studied; a technology for calibrating the parameters of the Novsky recorder of the second model was developed; a technology for welding points with tungsten – aluminum inverter TIG-200P was developed.

The analysis of the technology for studying the dynamic characteristics of the arc for the presence of harmful and production factors is carried out.

The cost of conducting research is calculated.

The final qualifying work contains an explanatory note, in which 48 pages, 32 figures, 11 tables, and a presentation of the work.

Содержание

Введение.....	5
1 Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работы..6	
1.1 Обзор источников питания для сварки переменным током прямоугольной формы.....	6
1.2 Способы регистрации электрических параметров электрического тока прямоугольной формы.....	12
1.2.1 Электроннолучевые осциллографы.....	12
1.2.2 Цифровые осциллографы	13
1.2.3 Светолучевые осциллографы	14
1.2.4 Регистратор динамических характеристик дуги И.Новского.....	16
2 Разработка методики исследований динамических характеристик дуги при сварке W-Al.....	20
2.1 Оснащение сварочного поста для проведения исследований дуги переменного тока с аппаратурой	20
2.2 Разработка схемы калибровки электрических параметров $i=f(t), u=f(t)$	24
2.3 Технология сварки образцов W-Al в Ar	26
2.4 Результаты исследований.....	31
3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений.....	35
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	35
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности.....	39
4 Оценка затрат на проводимые исследования.....	42
Заключение.....	45
Список используемых источников.....	46
Приложение А: Сертификат участника научно-исследовательской конференции.....	49

Введение

В современном мире распространена и востребована сварка таких материалов как алюминиевые и магниевые сплавы. Для сварки данных материалов наиболее часто применяется сварка вольфрамовым электродом в аргоне. Данный вид сварки обеспечивает надежное соединение, а также долгий срок эксплуатации деталей [18], [22].

Некоторые моменты в данном виде сварки ещё до конца не изучены, а с каждым новым годом происходят новые открытия в этой области.

Проблемой в сварке алюминиевых сплавов является наличие оксидной пленки находящейся на поверхности металла, [13]. Одним из способов её удаления с поверхности – это обратная полярность тока. Для повышения качества сварки и проплавляющей способности дуги сегодня используют переменный ток прямоугольной формы фирмы BRIMA, которая поставляет на рынок сварочного оборудования инверторы TIG-200P [20].

Инверторы TIG-200P позволяют регулировать длительность обратной полярности тока [17]. В распоряжение сварщиков появился новый технологический процесс, который требует его исследований. Исследование этого процесса предполагает изучение его динамических характеристик.

Применяемые в настоящее время регистрационные приборы не дают полной информации о происходящих процессах в дуге из-за особенностей принципиальной схемы формирования прямоугольной формы тока. Фирма BRIMA при переходе сварочного тока через нуль использует высокочастотный преобразователь, который выводит из строя современные осциллографы. Поэтому исследование динамических характеристик дуги при сварке неплавящимся электродом в среде аргона от инвертора TIG-200P актуально.

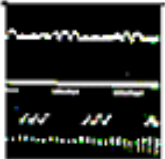

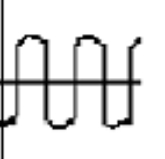

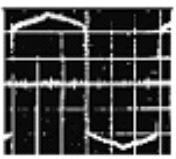
Цель работы – повысить качество регистрации динамических характеристик дуги и точность измерения тока дуги и длительности прямой и обратной полярности тока.

1 Исходные данные для выполнения выпускной квалификационной работы

1.1 Обзор источников питания для сварки переменным током прямоугольной формы

Для сварки алюминиевых и магниевых сплавов неплавящимся электродом в защитной среде выпущена серия источников питания переменного тока прямоугольной формы с регулированием частоты тока в диапазоне от 8 до 125 Гц (таблица 1). Технические характеристики, перечисленных в таблице 1 источников питания, высоко оценены в промышленности. Достаточно хорошо изучены динамические свойства свободной и сжатой дуги переменного тока прямоугольной формы [7].

Таблица 1 – Параметры источников питания переменного тока

Параметры	Тип				
	СПРИ	ИСВУ-160	ТИР-300	И126 (108)	ТСГП-200
Предел регул. св. тока, А	45-250	10-160	10-300	50-400	45--200
di/dt , кА / с	210-600	55-110	55-200	10 ступеней <120	<200
Частота, Гц	8-100	50	50	50-125	50
$i_d = f(t)$ $u_d = f(t)$					

В 70-х годах РПКО «Электромеханика» выпустила станцию питания разнополярными импульсами тока типа СПРИ (рисунок 1,2), технические характеристики которой, приведены в табл.1 [7].

Обозначенная станция - это конструкция источника питания с крутопадающей внешней вольтамперной характеристикой (ВАХ), которая

позволяет регулировать частоту прямоугольных импульсов от 8 до 100 Гц (рисунок 2) [7].

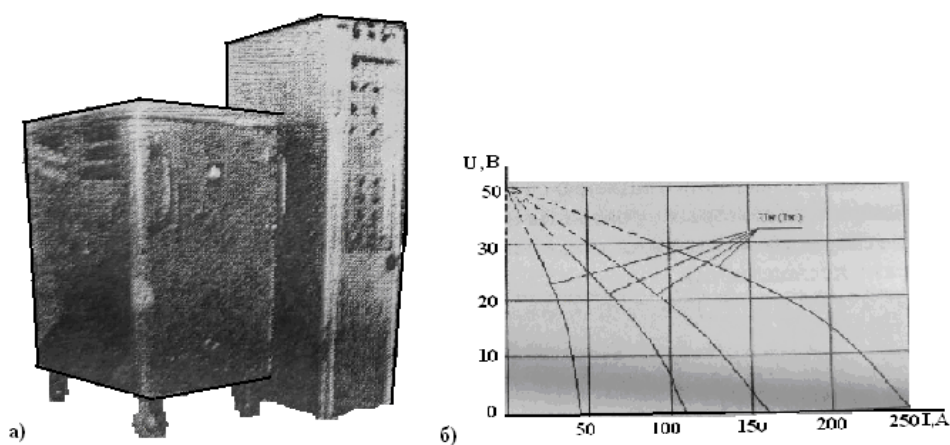


Рисунок 1 – Внешний вид источника питания переменного тока СПРИ (а) и внешние вольтамперные характеристики

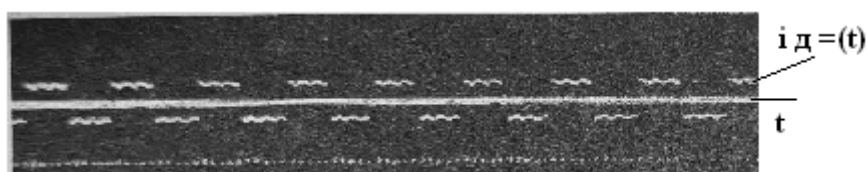


Рисунок 2 - Осциллограмма тока при сварке W-Al в Ar: $I_d=70A$

Станция питания типа СПРИ позволяет регулировать амплитуду тока в диапазоне от 45 до 250А в прямой и обратной полярности (рисунок 2,3).

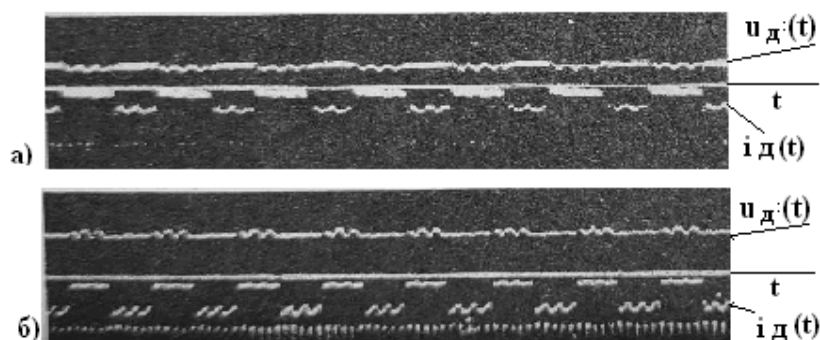


Рисунок 3-Осциллограмма тока при сварке W-Al в Ar: а) $I_d=140A$, б) $I_d=250A$

На рисунках 2 и 3 амплитуда тока в прямой и обратной полярности при сварке W-Al равны между собой: $I_{д пр} = I_{д обр}$. Станция питания разнополярных

импульсов СПРИ позволяет регулировать и частоту сварочного тока: $f = \text{var}$. Кроме этого СПРИ изменяет длительность прямой полярности и обратной раздельно, как показано на рисунке 4.

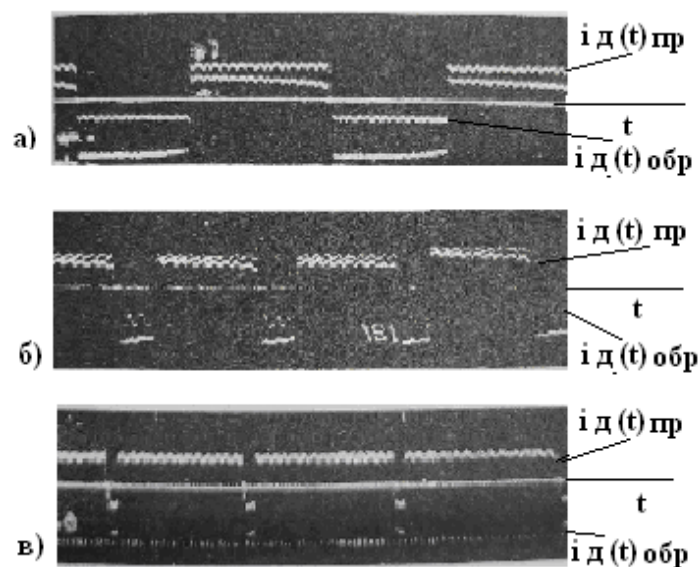


Рисунок 4 - Осциллограмма тока при сварке W-Al в Ar: а) $I_{д пр} = 270\text{А}$, $I_{д обр} = 150\text{А}$. $t_{пр} = 0,09\text{с.}$, $t_{обр} = 0,054\text{с.}$, $f = 6,9\text{Гц}$; б) $I_{д пр} = 164\text{А}$, $I_{д обр} = 184\text{А}$, $t_{пр} = 0,032\text{с.}$, $t_{обр} = 0,01\text{с.}$, $f = 25\text{Гц}$; в) $I_{д пр} = 150\text{А}$, $I_{д обр} = 75\text{А}$, $t_{пр} = 0,046\text{с.}$, $t_{обр} = 0,004\text{с.}$, $f = 18,9\text{Гц}$

Возможность регулирования амплитуды тока и длительности прямой и обратной полярности тока раздельно расширяет технологические свойства дуги переменного тока. Однако выпуск СПРИ производится по заказам предприятий.

В 80-х годах НИКИМТ выпускает на рынок сварочного оборудования установку типа ТИР-300, технические характеристики которой приведены в таблице 1 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Внешний вид установки переменного тока ТИР-300

Установка ТИР-300 работает на переменном токе прямоугольной формы с частотой 50 Гц и регулирует амплитуду тока в диапазоне от 10 до 3000А в прямой и обратной полярности. При этом амплитуда тока в прямой и обратной полярности при сварке W-Al равны между собой: $I_{д пр} = I_{д обр}$.

Особенность источника питания этого типа состоит в том, что скорость перехода тока через 0 у него достигает 200 кА/с.

РПКО «Электромеханика» выпускает серию источников питания типа ИСВУ для сварки W-AL в Ag на номинальные токи от 160 до 315 А. Источники питания типа ИСВУ работают частотой сварочного тока 50 Гц. Внешний вид источников типа ИСВУ показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид установки переменного тока ИСВУ-80

В последние годы фирмой «Brima» выпущена серия многофункциональных сварочных аппаратов (инверторов) типа TIG-200P AC/DC. Одна из функций инвертора: сварка вольфрамовым электродом алюминиевых и магниевых сплавов с прямоугольными импульсами разной полярности тока в защитной среде с регулированием баланса прямой и обратной полярностей в течение периода тока (0,02с). Инвертор TIG-200P AC/DC формирует переменный ток прямоугольной формы с частотой 50 Гц (рисунок 7). Особенность инвертора состоит в том, что начальная ионизация и дугового промежутка, и смена полярности тока происходят при работе высокочастотного устройства. Система управления инвертора позволяет плавно регулировать сварочный ток по величине, а кроме этого отдельно регулировать длительность прямой и обратной полярности тока, сохраняя равенство амплитуды $I_{д пр} = I_{д обр}$ в обеих полярностях (рисунок 1). Исследования свойств дуги при сварке W-Al дугой на переменном токе прямоугольной формы с работающим высокочастотным устройством предполагают регистрацию электрических параметров дуги [3]. Известно, что к основным электрическим параметрам дуги относятся зависимости $i=f(t)$, $u=f(t)$, которые необходимо получить при работающем высокочастотном устройстве [2].

Осциллограммы тока приведены на рисунке (рисунок 7)

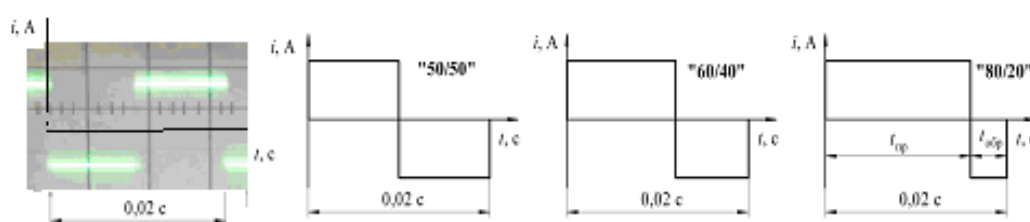


Рисунок 7 – Форма сварочного тока TIG-200P AC/DC при регулировании длительности полярности тока с $f=50$ Гц

Особенность этого источника состоит в том, что с частотой сварочного тока 50 Гц дискретно может регулировать длительность прямой и обратной полярности, в четырёх режимах.

Внешний вид показан инвертора на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид инвертора фирмы «Brima» TIG-200P AC/DC

Технические характеристики инвертора TIG 200P AC/DC позволяют работать на токе до 200 А. Работает источник питания на 50-60 Гц. Так же с помощью регулятора «баланс полупериода» можно настраивать баланс между положительной и отрицательной составляющей дуги [17].

Каждый из перечисленных источников разрабатывался для сварки лёгких сплавов различных толщин. Вместе с тем регулирование частоты позволило решать вопросы проплавающей способности дуги, а регулирование длительности прямой и обратной полярности регулировать тепловложение в неплавящийся вольфрамовый электрод.

Регулирование длительности прямой и обратной полярности на частоте $f = 50\text{Гц}$ позволит увеличить эффективность сварки алюминиевых и магниевых сплавов на переменном токе. С 60-х годов 20 столетия известно, что на разрушение оксидной пленки Al_2O_3 требуется большой мощности, однако источники питания, регулирующие длительность тока прямой и обратной полярности появились только в 2016г (TIG-200P) [4].

Использование прямоугольной формы переменного тока для сварки потребовало ввести регистрацию и повысить точность снятия электрических параметров: $I_{\text{амп}}, U_{\text{амп}}, I_{\text{пр}}, I_{\text{обр}}, t_{\text{пр}}, t_{\text{обр}}, t_{\text{св}}, i = f(t)$.

1.2 Способы регистрации электрических параметров тока прямоугольной формы

1.2.1 Электроннолучевые осциллографы

Исследование дуги переменного тока прямоугольной формы показало, что скорость перехода тока через 0 в источнике питания колеблется от 55 до 210 кА/с на минимальных токах дуги источника питания и от 110 до 600 кА/с. В связи с использованием для сварки несинусоидальной формы тока необходимо регистрировать и измерять ток электроннолучевыми осциллографами, которые широко применяются при исследовании динамических характеристик дуги.

В данной работе, при проведении анализа динамических характеристик источников питания использовались электроннолучевые осциллографы типа С1-55, внешний вид которого показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Внешний вид осциллографа С1-55

Осциллограммы, полученные на электроннолучевых осциллографрах типа С1-55, приведены в таблице 1.

Для осциллографирования тока дуги, в сварочную цепь включались измерительные шунты RS1, RS2 (рисунок 10).

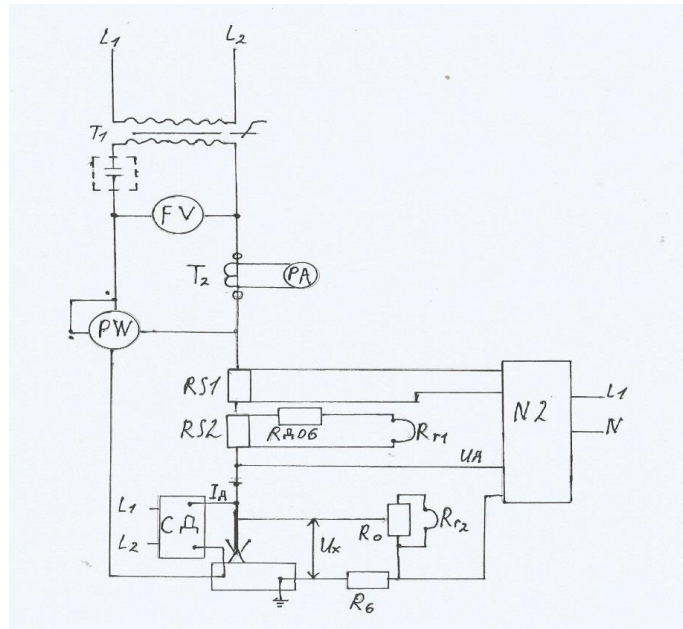


Рисунок 10 – Схема включения измерительных шунтов

Приведенная схема включения шунтов пригодна для любого типа источников питания переменного тока, как синусоидального тока, так и тока переменного прямоугольной формы [8].

Электроннолучевые осциллографы типа С1-55 позволяют вести регистрацию одновременно двух параметров, в нашем случае $i_d(t)$ и $u_d(t)$.

Поскольку напряжение на свободной дуге переменного тока не превышает 20 В, то регистрация напряжения возможна так, как показано на рисунке 8.

В процессе исследования данный вид электроннолучевого осциллографа не был выбран, в связи с неточностью показаний, выводимых на экран прибора.

1.2.2 Цифровые осциллографы

В последние годы для регистрации электрических параметров дуги переменного тока выпущены цифровые запоминающие осциллографы типа АОС - 5106 (рисунок 11).

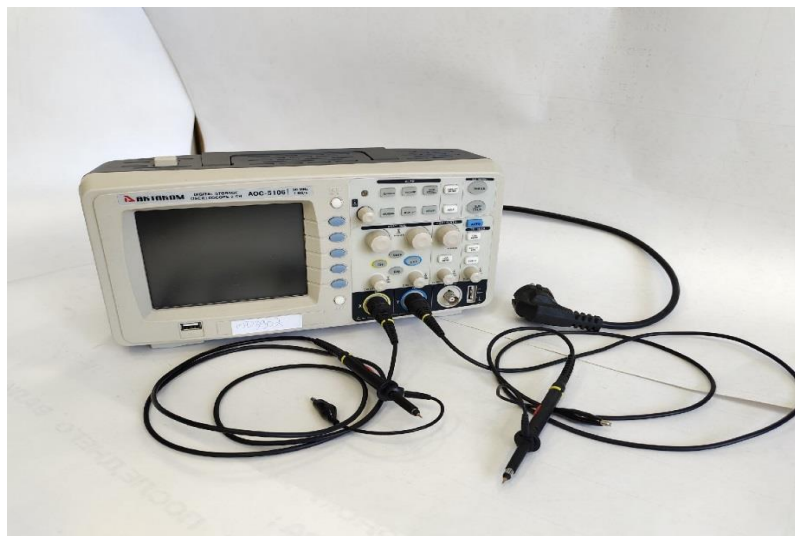


Рисунок 11 – Внешний вид цифрового осциллографа АОС-5106

Цифровой осциллограф позволяет одновременно регистрировать два параметра, не считая нулевую линию.

Прибор АОС-5106 работает в комплекте с компьютером и выводит динамическую характеристику на бумагу.

Однако регистрация динамических характеристик источника питания TIG 200P AC/DC невозможна в связи с тем, что схема управления формирования импульсов предусматривает работу при смене полярности высокочастотного устройства.

1.2.3 Светолучевые осциллографы

Для регистрации электрических параметров дуги переменного тока прямоугольной формы используются светолучевые осциллографы типа Н-104, которые ведут регистрацию параметров дуги на пленку 24 мм или фото бумагу шириной 120мм. Внешний вид светолучевого осциллографа показан на рисунке 12.



Рисунок 12 – Внешний вид светолучевого осциллографа Н-104

Схема включения осциллографа типа Н-104 приведена на рисунке 13 [6].

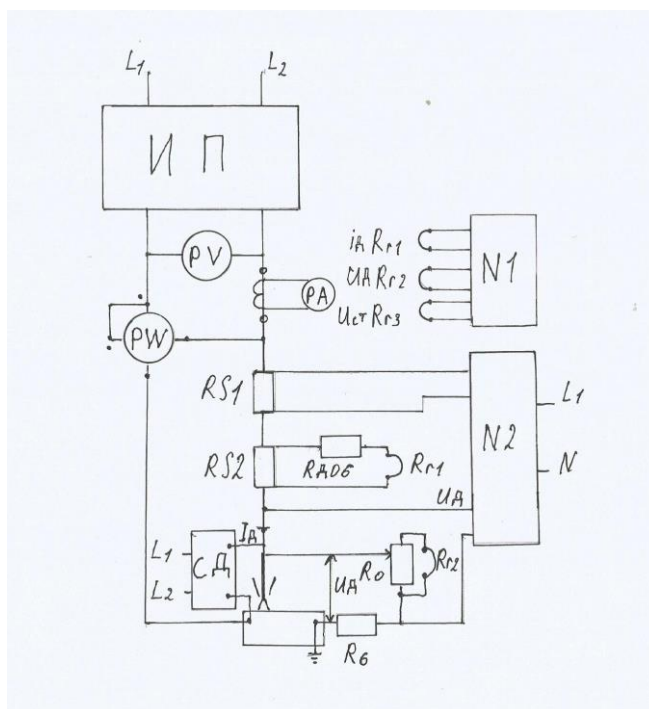


Рисунок 13 – Схема включения осциллографа типа Н-104

Количество параметров дуги, которые одновременно можно осциллографировать равно 16. Однако в настоящее время ограничен выпуск фотобумаги необходимого размера. Операции по проявлению фотопленки и фотобумаги - трудоёмки.

1.2.4 Регистраторы динамических характеристик дуги И. Новского

Регистрация электрических параметров дуги во времени – процесс трудоёмкий, требующий специальной аппаратуры и устройств. В процессе исследований, как технологических, так и энергетических характеристик требуется совмещать одновременно зависимости $i=f(t)$, $u=f(t)$, $p=f(t)$ [14].

Особенно это необходимо при сварке на переменном токе неплавящимся вольфрамовым электродом алюминиевых сплавов в непрерывном и импульсном режимах, а также при сварке точками. При сварке неплавящимся электродом в непрерывном и импульсном режимах характер изменения тока и напряжения можно отследить только по осциллограммам.

К сожалению, трудно снимать такие параметры во время сварки без риска вывести из строя осциллограф. При подключении осциллографов к схемам сварочных установок для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом, работающих с генераторами высокой частоты для начального возбуждения дуги, необходимо использовать различные способы защиты. Ни один из способов не гарантирует 100% защиты сварочного оборудования.

В связи с этим на кафедре СОМДиРП (Сварка, Обработка Металла Давлением и Родственные Процессы) разработан специальный регистратор «Новского», который позволяет вести запись, а также печать таких параметров, как $i=f(t)$ и $u=f(t)$ на компьютер и на цифровой осциллограф АОС – 5106 одновременно. Внешний вид регистратора приведен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Внешний вид регистратора «Новского»

Регистратор «Новского» способен снимать динамические характеристики, без риска вывести из строя дорогое оборудование.

Принципом защиты регистратора является гальванически развязанная схема подключения к сварочным установкам, источникам питания. То есть даже самое высокое напряжение и многократное превышение тока не выведут из строя регистратор, так как данные снимаются с датчиков вторичного контура [14].

В регистраторе «Новского» снятие показаний ведется с датчика тока ДИТ-500А и датчика напряжения ДНХ-01. Минусовой и плюсовой кабели сварочного источника питания подключаются к клеммам на лицевой панели регистратора «Новского» к точкам ХТ2 и ХТ7, указанных на монтажной схеме (рисунок 15). Дальше сварочные кабели подключаются к сварочному посту (точки ХТ3 и ХТ6).

Во время сварки датчик тока регистрирует магнитное поле на сварочных кабелях и подаёт результаты на датчик напряжения. Обработанные сигналы передаются на регистратор S-RECORDER. S-RECORDER обрабатывает сигналы, переводит их в сигнал для построения графиков, а затем передаёт их программе, установленной на компьютере.

При необходимости можно подключать осциллограф к регистратору «Новского», выводить данные на печать или сбрасывать на флешноситель.

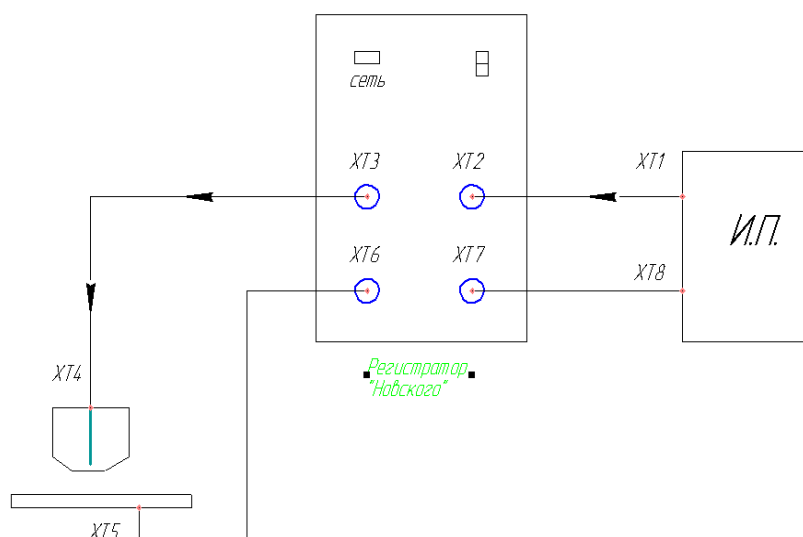


Рисунок 15 - Схема подключения регистратора «Новского» к установкам

Зависимость $i=f(t)$, снятая при сварке вольфрамовым электродом в защитной среде аргона, позволяет определить длительность перехода тока через нуль Δt , скорость перехода тока через нуль di/dt с прямой полярности на обратную за период Δt , что важно при изучении процессов при смене полярности тока, величину амплитуды тока в прямую и обратную полярности, величину длительности прямой и обратной полярности тока.

При исследовании сварочных процессов точками по динамическим характеристикам $i=f(t)$ определяется время нарастания тока Δt_n , время спада его $\Delta t_{сп}$ и длительность сварки $\Delta t_{св}$ [16].

Анализ способов регистрации параметров дуги переменного тока прямоугольной формы позволяет остановить выбор на регистраторе «Новского», с помощью которого решается широкий спектр задач, связанных с исследованием динамических процессов при сварке на переменном токе неплавящимся электродом в непрерывном и импульсном режимах, а также при сварке точками. Для этого необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать схему калибровки параметров дуги переменного тока прямоугольной формы, организовав специальный пост.

2. Разработать сварочный пост с регистрирующей аппаратурой для проведения исследований

3. Разработать технологию сварки точками W-AMГ-6 инвертором TIG-200P для проведения исследований, доработав сварочный пост

4. Рассчитать затраты на проведения исследований.

2 Разработка методики исследований динамических характеристик дуги при сварке W-AL

2.1 Оснащение сварочного поста для проведения исследований дуги переменного тока с регистрирующей аппаратурой

Для проведения исследований свойств сварочной дуги переменного тока прямоугольной формы подготовлен комплект оборудования, в состав которого входят: инвертор TIG-200P AC/DC (3), сварочный стенд(1), горелка (2) (рисунок 16) [7], [24].

Внешний вид инвертора в комплекте с горелкой приведен на рисунке 17, внешний вид стенда в комплекте с блоком питания привода стенда – на рисунке 18. Для регистрации параметров сварочной дуги и повышения точности измерения этих параметров разработан специальный прибор, который показан на рисунке 19.



1-стенд, 2-горелка, 3- инвертор

Рисунок 16 – Сварочный пост для проведения исследований

Внешний вид инвертора TIG-200P в комплекте с горелкой приведен на рисунке 17. Технические параметры инвертора отражены в таблице 2.

Таблица 2- Технические параметры инвертора TIG-200P

Наименование параметров и обозначение	Величина
Напряжение сети, В	220
Максимальный сварочный ток, А	200
Диапазон изменения тока, А	20-180
Потребляемый ток, А	30,8
Продолжительность включения, %	60
Напряжение холостого хода, В	56
Рабочее напряжение на дуге, В	18
Начальная ионизация промежутка	бесконтактная
Режим MMA (РДС)	присутствует
Частота питающей сети, Гц	50/60
4-х тактный режим сварки	присутствует
КПД, %	85
Коэффициент мощности	0,93
Габариты, мм	420/200/350
Вес, кг	12



Рисунок 17-Внешний вид инвертора (а) в комплекте с горелкой (б)

Внешний вид станда в комплекте с блоком питания ВСА привода станда приведен на рисунке 18. Техническая характеристика станда приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Технические данные станда

Наименование параметра	Единица измерения	Количество	Примечание
Грузоподъемность	кг	100	Регулирование вручную
Регулируемая высота	мм	800-1050	
Ширина, длина, высота	мм	500 x950x 150	

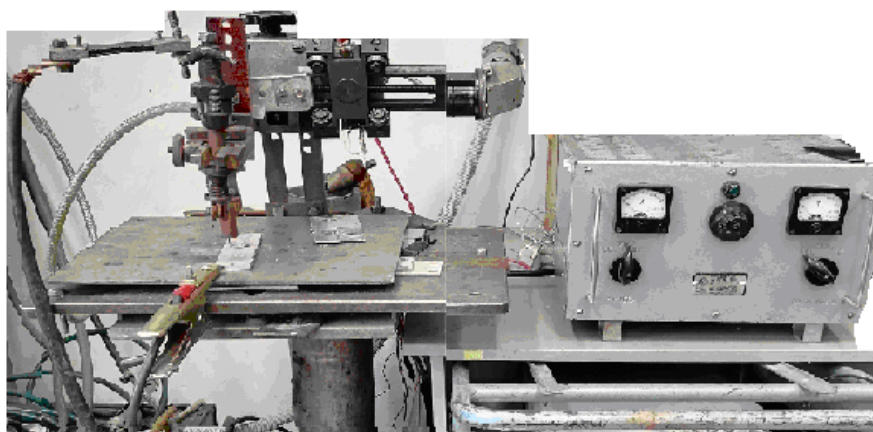


Рисунок 18 - Лабораторный стенд с блоком питания привода ВСА

Для регистрации параметров сварочной дуги и повышения точности измерения этих параметров на кафедре СОМДиРП разработан специальный прибор. Регистрация динамических параметров дуги переменного тока $i_d=f(t)$, $u_d=f(t)$ производится специальным регистрирующим прибором «Новского (модель 2)».

С помощью этого прибора согласуются параметры инвертора (источника питания) и компьютера, на котором производится запись динамических характеристик дуги $i=f(t)$, $u=f(t)$ благодаря установленной программе «sRecorder». Технические параметры «S-Recorder-2» приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики S-Recorder-2

Параметры	Характеристики	
Конструкция		Внешнее исполнение в пластиковом корпусе
Каналов синхронного ввода		2
Каналов аналогового ввода (мультиплексированных)	С общим проводом	32
	Дифференциальных	16
Разрешение АЦП		2x16 бит
Усилитель	Коэффициенты усиления	1,10,100,200
Входное сопротивление		Не менее 10 МОм

Продолжение таблицы 4

Параметры		Характеристики
Полоса пропускания (-3дБ)		Не менее 100 кГц
Параметры		Характеристика
Максимальная частота опроса в одноканальном режиме		200 кГц
Максимальная частота опроса в синхронном режиме		100 кГц на канал
Диапазоны входного сигнала	Биполярного, по напряжению	+/- 10В; +/- 1В; +/- 0,1В; +/- 0,05В
Защита по входу		+/- 40В
Подавление синфазной помехи (диф. Режим)		- 80 дБ
Цифровой ввод-вывод, TTL-уровни		8 линий на ввод, 8 линий на вывод
Запуск сбора		При включении питания или внешний
Интерфейс связи с компьютером		USB2.0 совместимый
Питание	От USB-порта или внешнее (аккумулятор)	+5В DC, +8-20В DC
Уровни эксплуатации	Температура	0...+55 С
	Влажность	0...85%

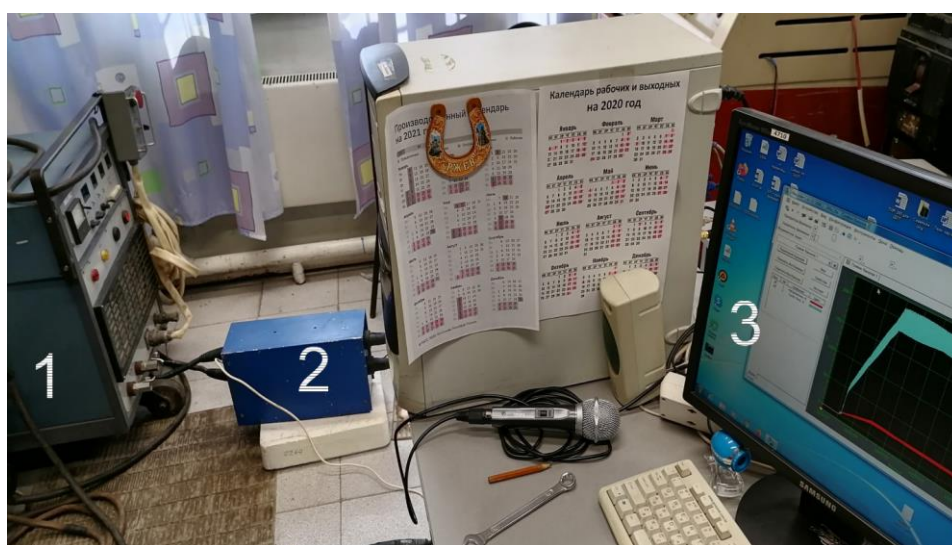


Рисунок 19 – Регистратор Новского (модель 2)

Таким образом, комплект сварочного оборудования с регистрирующей аппаратурой позволит вести сварку образцов в нижнем положении, вести регистрацию параметров $i_d=f(t)$, $u_d=f(t)$ с помощью прибора Новского второй модели. Модернизация прибора связана с тем, что параметры инвертора TIG-200P существенно отличаются от всех известных источников питания переменного тока. Регистратор «Новского» (модель 2) позволяет снимать динамические характеристики без риска вывести из строя сварочное оборудование. Точность регистрации параметров зависит от калибровки параметров тока и напряжения.

2.2 Разработка схем калибровки электрических параметров дуги переменного тока $i_d=f(t)$, $u_d=f(t)$

Точность регистрации динамических характеристик дуги зависит от калибровки параметров тока и напряжения. Для этого в лаборатории кафедры СОМДиРП создается специальный исследовательский пост, состоящий из источника питания постоянного тока (рисунок 20) с малой пульсацией тока (менее 1%) (рисунок 20), согласующего устройства и персонального компьютера (рисунок 20).



1 - ВСВУ- 400, 2 – согласующее устройство (регистратор Новского (модель2), 3 - персональный компьютер

Рисунок 20 – Калибровочный пост

Калибровка параметров производится для токов 100А и 200А. Регистрация тока и напряжения производится приборами электромагнитной системы класса точности 0,5. Согласование параметров источника питания с параметрами компьютера производится с помощью согласующего устройства. В результате на экране компьютера получаем зависимости $i=f(t)$, $u=f(t)$, которые получены с источника питания ВСВУ-400 (рисунок 21).

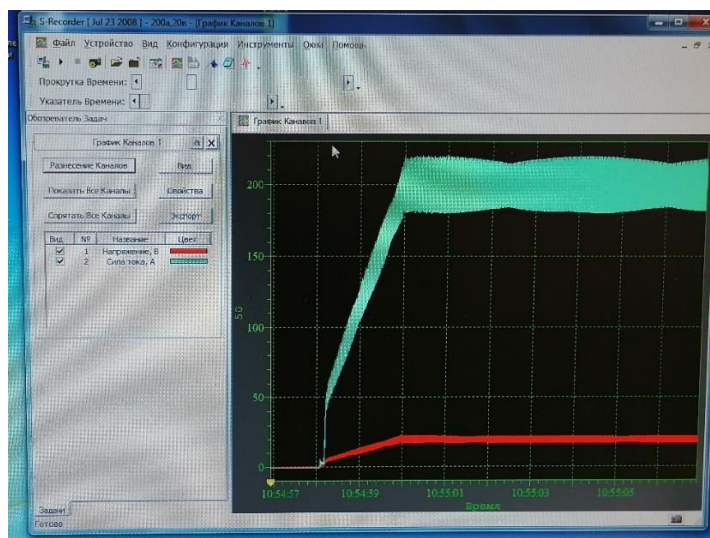


Рисунок 21 – Зависимости $i=f(t)$ (зелёная шкала), $u=f(t)$ (красная) от ВСВУ-400 на экране компьютера (программа s-Recorder-2)

По результатам калибровки определяется коэффициенты множителя: для тока $K_i=(48-49)$ А/дел, для напряжения $K_u=(23-25,5)$ В/дел (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты калибровки величины тока и напряжения

I, А	дел.	K_i	U	дел.	K_u
100	2	49	30	1,2	25,5
200	4	48	27	1,17	23

В результате калибровки тока и напряжения определены коэффициенты $K_i=(48-49)$ А/дел и $K_u=(23-25,5)$ В/дел, которые позволят измерять величину амплитудного тока и напряжения при сварке W-Al сплавов.

Таким образом, для проведения исследовательских работ по изучению свойств дуги переменного тока прямоугольной формы создан сварочный и калибровочный посты.

В состав поста для калибровки входит следующее оборудование:

- источник питания постоянного тока с пульсацией 0,5% ВСВУ-400 с диапазоном тока от 100 до 200А,
- согласующее устройство,
- персональный компьютер.

Все элементы специального сварочного поста для калибровки показаны на рисунке 16.

Кроме этого используется специальная программа «s-Recorder-2».

Для измерения амплитудных параметров дуги и регистрации динамических характеристик дуги переменного тока прямоугольной формы $i=f(t)$, $u=f(t)$ при исследовании свойств сварочной дуги, работая с инвертором TIG 200P AC/DC, используем устройство согласования параметров инвертора и компьютера. При проведении исследований калибровку параметров необходимо проводить для каждой величины тока.

2.3 Технология сварки W-Al в Ar образцов

Исследование динамических характеристик дуги при сварке переменным током прямоугольной формы неплавящимся электродом алюминиевых сплавов производится на образцах. Технологический процесс сварки нахлесточных соединений Н1 включает следующие операции [15]:

а) разметка образцов:

- исследование динамических характеристик дуги при сварке на переменном токе прямоугольной формы, неплавящимся вольфрамовым электродом, алюминиевых сплавов производится на образцах из сплава АМг-6 толщиной 3мм (соединения Н1) длиной 150; шириной 60 мм. Эскиз образца приведен на рисунке 22;

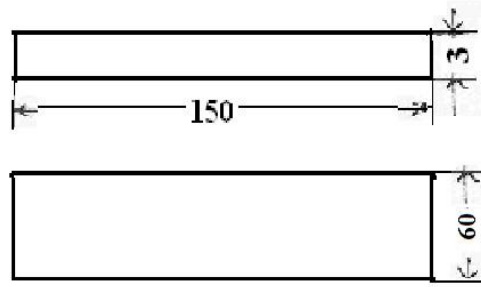


Рисунок 22 – Эскиз образца

б) резка образцов:

- резка образцов механическая, производится на гильотинных ножницах НД-3312Б в мастерских кафедры СОМДиРП (рисунок 23);



Рисунок 23- Внешний вид гильотинных ножниц НД-3312Б

в) очистка:

-очистка образцов производится вручную металлической щеткой. Такой вид очистки можно считать черновым. Использовать его можно только при настройке процесса. Для получения качественного сварного соединения применяется очистка в специальных ваннах. Качество очистки сохраняется только 4 часа;

г) сборка образцов:

- сборка образцов производится на лабораторном стенде с механическими прижимами (рисунок 24). Стенд дорабатывается. Схема установки прижимов приведена на рисунке 24б;

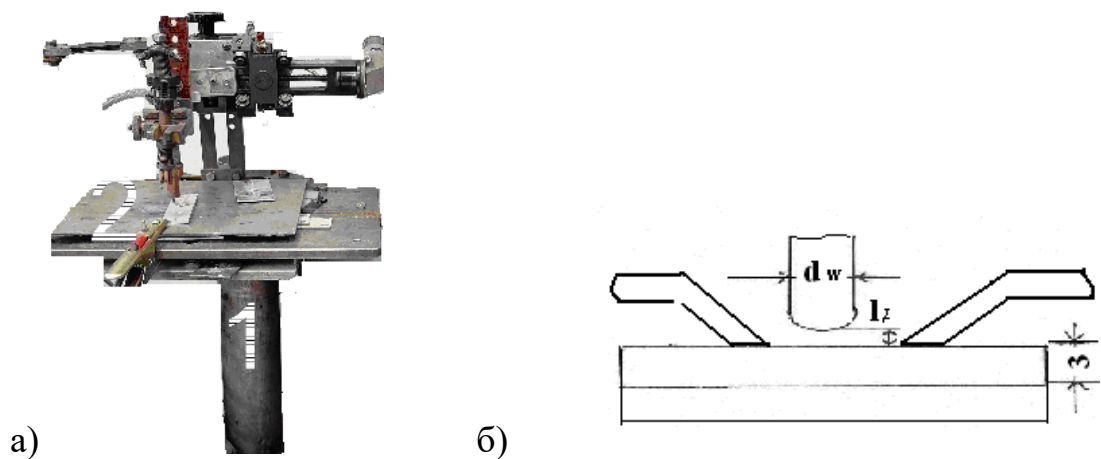


Рисунок 24 - Внешний вид лабораторного стенда и схема установки прижимов

д) сварка:

- сварка образцов производится переменным током прямоугольной формы с балансом прямой и обратной полярности 50/50 от инвертора TIG-200P. Внешний вид инвертора TIG-200P приведен на рисунке 8, техническая характеристика в таблице 2,

- длина дуги устанавливается равной 3мм (рисунок 24б). Расход аргона 7-8 л в минуту. Величина тока 100А,

- регистрация параметров при сварке $i=f(t)$ проводится специальными приборами на компьютер. Сварочный пост с регистратором «Новского» и компьютером приведены на рисунках 14, 17,

- режим сварки: $I_{пр} = I_{обр} = 100А$, баланс 50/50, $Q_{ар} = 7л/мин$, $l_d = 3мм$, $d_w = 3мм$, $t_{св} = 20с$. Выбрав режим сварки, производим калибровку электрических параметров дуги;

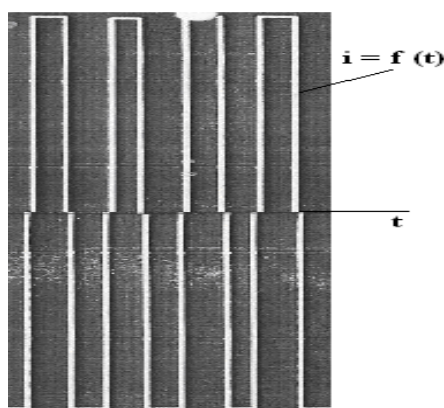


Рисунок 25 – Осциллограмма тока дуги прямоугольной формы

е) контроль качества:

- контроль качества производится визуально. Определяем $d_T = \dots$ мм;

ж) калибровка электрических параметров:

- калибровка электрических параметров производится на стенде, внешний вид которого приведен на рисунке 20,

- калибровка производится на режиме сварки: $I_{пр} = I_{обр} = 100$ А, баланс 50/50, $Q_{ар} = 7$ л/мин, $I_d = 3$ мм, $d_w = 3$ мм, $t_{св} = \dots$ с. На экране компьютера получаем калибровочные зависимости, по которым определяем коэффициенты K_i и K_u (рисунок 26),

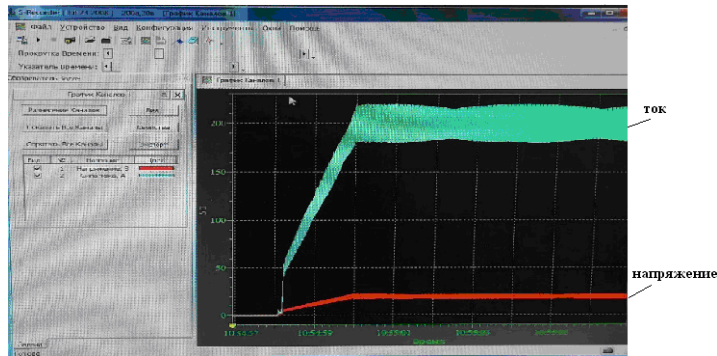


Рисунок 26 – Калибровочные кривые

- после обработки полученных данных проведем расчет коэффициентов, в результате которого получаем значения поправочных коэффициентов равных $K_i = 49$ А/мм, $K_u = 25,5$ В/дел;

и) регистрация динамических характеристик дуги:

- регистрация динамических характеристик дуги при сварке от инвертора TIG 200P производится после калибровки электрических параметров дуги. Режим сварки, при котором производится регистрация динамических характеристик дуги, сохраняется прежним: $I_{пр} = I_{обр} = 100$ А, $Q_{ар} = 7$ л/мин, $I_d = 3$ мм, $d_w = 3$ мм, $t_{св} = \dots$ с, баланс 25/75 (рисунок 27).

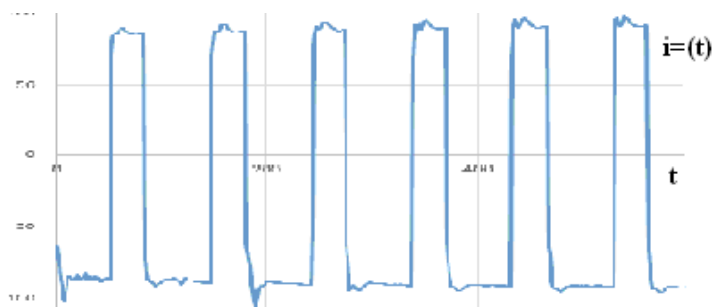


Рисунок 27 – Зависимость $i = (t)$ с балансом 25/75 по данным фирмы Brima

Баланс на инверторе регулируется дискретно: 50/50, 40/60, 75/25, 90/10.

22БРСМД.П.000.03.000					
Технологический процесс сварки W-Al в Ar образцов					
№ п/п	Операция	Эскиз	Оборудование, приспособление и материалы	Режимы	Технологические требования
1	Разметка образцов		Линейка Карандаш	в ручную	Разметить образец в соответствии с указанным эскизом и размерами Длина 150, ширина 60 Погрешность $\pm 0,5$ мм
2	Резка образцов		Гильотинные ножницы НД-33126		Отрезать размеченную деталь с погрешностью ± 1 мм
3	Очистка		Металлическая щетка	в ручную	Обработать металлической щеткой всю поверхность детали
4	Сборка образцов		Лабораторный стенд Горелка PRA-300	P=6-7 кг	Зажать деталь в двух точках

22БРСМД.П.000.03.000		Технологический процесс сварки W-Al в Ar образцов	
Исполн:	Провер:	Инженер:	Инженер:
Дата:	Дата:	Дата:	Дата:

Рисунок 28 – Технологический процесс сварки W-Al в Ar образцов (лист 1)

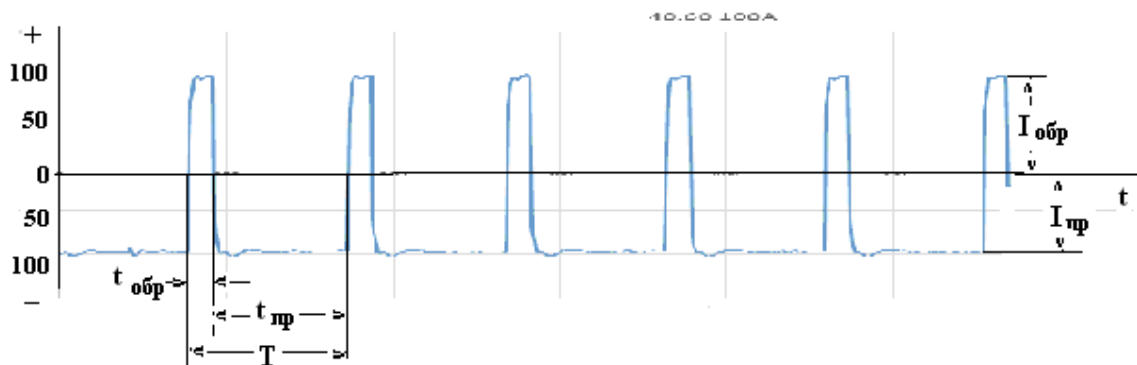


Рисунок 30 - Осциллограмма тока $i=f(t)$

Обработка осциллограммы тока и баланса показала следующие результаты: $I_{пр} = I_{обр} = 100\text{A}$, $t_{обр}/t_{пр} = 17,6/82,35$.

На рисунке 31 приводится осциллограмма $i = (t)$ с балансом 30/70 по данным фирмы. Обработка осциллограммы тока показала следующие результаты: $I_{пр} = I_{обр} = 100\text{A}$, $t_{обр}/t_{пр} = 33,3 / 66,6$. (Осц.1).

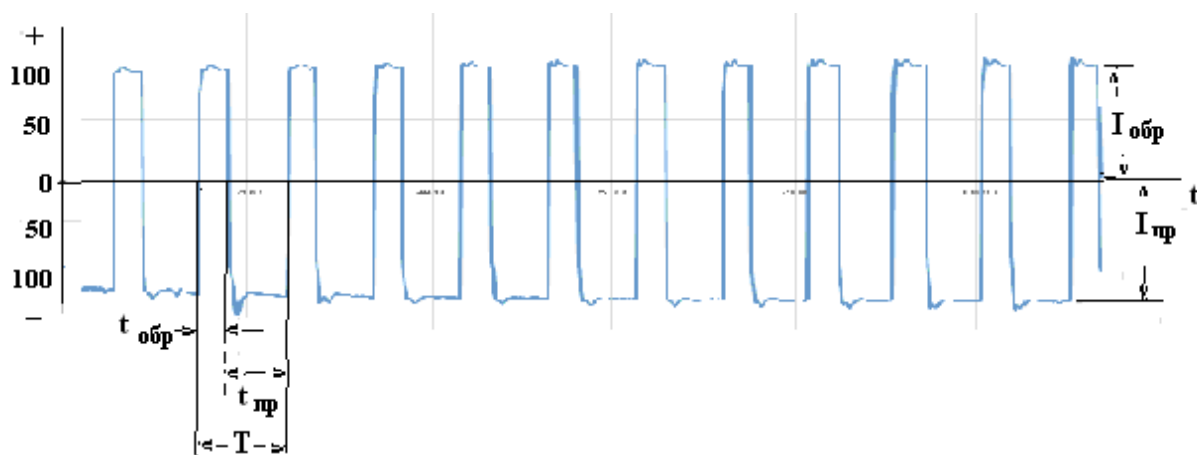


Рисунок 31 - Осциллограмма тока $i=f(t)$

На рисунке 32 приводится осциллограмма $i = (t)$ с балансом 75/25 по данным фирмы. Обработка осциллограммы тока показала следующие результаты: $I_{пр} = I_{обр} = 90,0\text{A}$, $t_{обр}/t_{пр} = 52 / 47,8$ (осц.2).

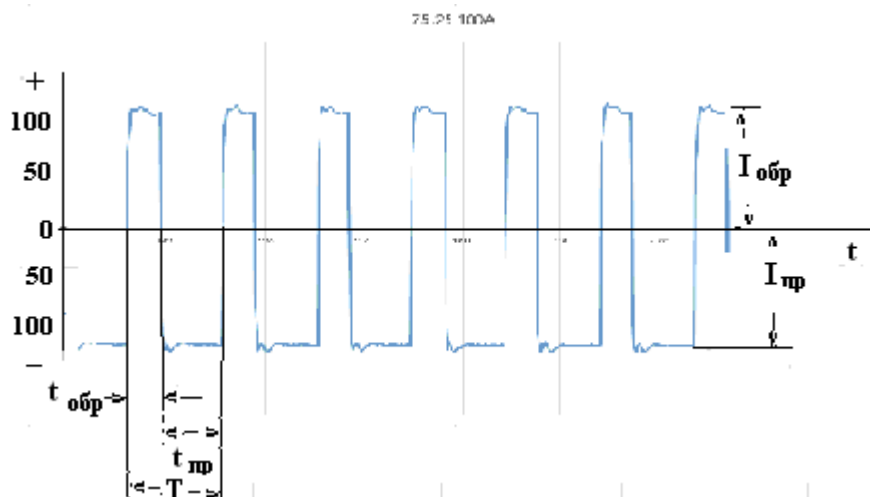


Рисунок 32 - Осциллограмма тока $i=f(t)$

Результаты расчета параметров тока и баланса сведем в таблицу 6. По результатам расчета определим реальную величину тока и длительности прямой и обратной полярности тока при сварке переменным током прямоугольной формы.

Таблица 6 – Результаты исследований

Образец	Параметры установлены		Расчетные значения		Примечание
	I_g, A	баланс	I_g, A	баланс	
	100	40/60	100	17,6/62,35	Рисунок 26 Ток – соответствует, баланс – не соответствует $t_{обр} = 0,008c$ $t_{пр} = 0,012c$
	100	75/25	100,0	33,3/66,6	Рисунок 27 Ток – соответствует, баланс – не соответствует
	100	25/75	87	36/63	Рисунок 25 Ток – не соответствует, баланс – не соответствует $t_{обр} = 0,005c$ $t_{пр} = 0,015c$
	100	75/25	90	50/50	Рисунок 28 Ток – не соответствует, баланс – не соответствует

$Q_{ar} = 7 \text{ л/мин}$, $l_g = 3 \text{ мм}$, $d_w = 3 \text{ мм}$

Длительность прямой и обратной полярностей указаны в таблице 6.
Погрешность измерения по току составляет 11%, по длительности – 11,5%.

Выводы по разделу

Проведенные исследования показали, что инвертор TIG-200P позволяет регулировать длительность обратной и прямой полярности переменного тока прямоугольной формы $t_{обр}$ и $t_{пр}$ в пределах одной и той же частоты. Регулирование $t_{обр}$ и $t_{пр}$ производится 5 ступенями. Это открывает широкие возможности регулирования тепловложения в электроды (W-электрод - изделие) при сварке Al сплавов.

Исследования показали, что градуировка длительности тока на панели отличается от реальных значений (таблица 6).

Погрешность измерений составляет по току - 11%, по длительности – 11,5%. Технологические карты процесса исследования динамических параметров дуги переменного тока прямоугольной формы от TIG-200P приводятся в приложении.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу регистрации электрических параметров дуги переменного тока при сварке точками неплавящимся электродом сплава АМг-6 в защитной среде аргона.

Выполнение операций технологического процесса сварки предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям [9].

Операции технологического процесса: а) подготовка образцов (резка), б) удаление оксидной пленки, в) сборка на стенде, г) сварка точки, д) контроль качества.

а) подготовка образцов:

1) подготовка образцов (резка) предполагает использование гильотины,

б) удаление оксидной пленки:

2) удаление оксидной пленки производится в специальных ваннах с использованием растворов и воды,

в) сборка образцов:

3) сборка образцов производится на лабораторном стенде,

г) сварка точки:

4) сварка точки W-Al в среде Ar производится на установке TIG-200P,

д) контроль качества:

5) контроль качества производится визуально.

Для выполнения операций задействованы слесарь, сварщик, контроль качества определяет сварщик.

Исходя из характеристики объекта выявляются опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную

технологии. Сварка W-Al сопровождается излучением, которое является источником опасных и вредных факторов. Далее следует оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий [10].

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями технологии сварки образцов:

а) подготовка образцов:

1) подготовка образцов (резка) сопровождается образованием острых кромок, заусенцев при использовании гильотины,

б) удаление оксидной пленки:

2) удаление оксидной пленки сопровождается повышенной температурой растворов и воды при травлении образцов,

в) сборка образцов:

3) сборка образцов на лабораторном стенде,

г) сварка:

4) сварка W-Al в Ag сопровождается повышенным напряжением Х.Х. в сварочной цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Кроме этого при дуговой сварке возникают опасные и вредные факторы, которые связаны с инфракрасным и ультрафиолетовым излучением и могут вызвать ожоги.

К профессиональным рискам при сварке W-Al в Ag, которые создают наиболее неблагоприятные условия труда, относятся излучения дуги [10].

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для уменьшения воздействия опасного или вредного фактора, действие которого в условиях данного производства может составлять угрозу жизни и

здоровью персонала рекомендуется применять следующие средства и методики.

Для перечисленных в разделе 3.2 опасных или вредных факторов необходимо применять следующие технические средства и методики, которые позволят полностью устранить или уменьшить их воздействие до приемлемого уровня:

а) острые кромки, заусенцы:

- размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек,

- проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности;

б) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны:

- применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне,

- средства защиты дыхательных путей;

в) повышенное напряжения в сварочной цепи, замыкание которой может произойти через тело человека:

- организация защитного заземления,

- проведение периодического инструктажа по технике безопасности,

- периодический контрольный замер изоляции,

- периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи;

г) повышенная температура при очистке образцов:

- проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности,

- механизация основных операций технологического процесса,

д) инфракрасное, ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,

- применение защитных экранов,

- спецодежда.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиту персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара позволит сформулировать технические предложения.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Идентификация классов и опасных факторов пожара на участке, который оснащен лабораторным стендом с горелкой, инвертором TIG-200P, баллоном с аргоном, системой отсоса воздуха из зоны сварки.

Основные опасные факторы пожара, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением относятся к категории (Е) [8].

Вторичных опасных факторов пожара: резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него, короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением [12].

К техническим средствам обеспечения пожарной безопасности относятся:

- первичные средства пожаротушения: емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители,
- средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре,

- пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный): ведро конусное, лом, лопата штыковая,

- пожарные сигнализация, связь и оповещение: Кнопка оповещения.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [12]

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сварки	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве,
Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
	случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	должны быть защитные экраны

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, приведённых в таблице 7.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов [11]. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 7 негативных факторов и предложить меры защиты от них, которые приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса [10]

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка W-Al сплавов точками	Заготовительная операция, очистка образцов, сборочная операция, сварка, контроль	Выделяемые в процессе св. аэрозоли и газообразные частицы	Химикаты, используемые при очистке образцов	Упаковочный материал, мусор бытовой и производственный.

Таблица 9 – Предлагаемые меры борьбы с негативными экологическими факторами [11]

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в системе охлаждения.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла; подробное разъяснение необходимости складирования отходов производство. цикла

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки образцов из сплава АМг-6.

Выводы по экологическому разделу

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки образцов с применением автоматической сварки в среде защитного газа Ar позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и

методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка затрат на проводимые исследования

4.1 Расчет себестоимости изготовления одной сварной точки

Выпускная квалификационная работа связана с разработкой технологии исследования и сварки вольфрамовым электродом алюминиевых сплавов в аргоне. Исследования по динамическим характеристикам дуги в производство не принимаю, но необходимо провести себестоимость проводимых исследований.

При расчете за единицу продукции принимаем одну сварную точку, на одной алюминиевой пластине с размерами: длина 150 мм; ширина 60 мм; толщина 3 мм [1], [5].

К условиям создания, в себестоимость включают следующие затраты:

- а) Себестоимость сырья.
- б) Покупные комплектующие изделия.

Таблица 10 – Трудозатраты технологического процесса

№	Технологический процесс	Оборудование	t (час)	Разряд работ
1	Разработка методики, эскизов и чертежей	ПК, программное обеспечение	6	
2	Резка деталей из алюминиевого сплава АМг-6	Гильотинные ножницы	2	
3	Подготовка поверхности под сварку	Металлическая щетка	03	
4	Сварка точки	TIG-200P, сварочный стенд	2	

Рассчитаем общую стоимость основных материалов на проведение исследовательских работ (таблица 11).

Таблица 11 – Общая стоимость основных материалов

Наименование материала	Единица измерения	Норма расхода на изделие	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
АМг-6	кг	0,07	884	61,88
Вольфрамовый электрод	штука	0,1 мм	106	
Наименование материала	Единица измерения	Норма расхода на изделие	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Аргон	литр	6-7 л/мин	500	350

Из вспомогательных расходов и материалов: металлическая щетка 118 рублей.

Суммарная стоимость затрат на одну сварную точку составляет 529,88 руб. За весь период проведения исследований в лаборатории источников питания (1 учебный год) сварено 1000 точек. 500 точек – производственный брак.

Общая стоимость основных материалов на проведение исследовательских работ составит 5298,8 руб. Работы проводились студентами.

Расходы на электроэнергию при установленном режиме определим по формуле

$$Q = I \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot t \quad (1)$$

В нашем случае расход электроэнергии составит 180 кВтч. Стоимость электроэнергии обойдется в 720 руб [5], [21].

Общая стоимость исследований с учетом затрат на электроэнергию составит 6018,8руб.

Выводы по экономическому разделу

При оценке затрат на проведение исследований расчет проводился на одну сварную точку при сварке неплавящимся электродом в защитной среде аргона.

При расчете затрат учитывались основные материалы: листовой прокат сплава АМг-6, толщиной 3 мм, вольфрамовый электрод диаметром 3,0 мм, защитный газ аргон, расход электроэнергии.

Заключение

Исследование зависимости $i=f(t)$ при сварке вольфрамовым электродом в защитной среде аргона позволяет определить длительность перехода тока через нуль Δt , скорость перехода тока через нуль di/dt с прямой полярности на обратную за период Δt , величину амплитуды тока в прямую и обратную полярности, величину длительности прямой и обратной полярности тока.

При исследовании сварочных процессов точками по динамическим характеристикам $i=f(t)$ определяется время нарастания тока Δt_n , время спада его $\Delta t_{сп}$ и длительность сварки $\Delta t_{св}$.

Для измерения амплитудных параметров дуги и регистрации динамических характеристик дуги переменного тока прямоугольной формы $i=f(t)$, $u=f(t)$ от инвертора TIG 200P AC/DC необходимо использовать устройство согласования параметров инвертора и компьютера, так как при смене полярности тока фирма Brama использует высокочастотный преобразователь, который выводит из строя измерительную аппаратуру.

Анализ способов исследования параметров дуги переменного тока прямоугольной формы позволил остановить выбор на регистраторе «Новского», с помощью которого решается широкий спектр задач, связанных с исследованием динамических процессов при сварке на переменном неплавящимся электродом в непрерывном и импульсном режимах, а также при сварке точками.

Для этого в работе решены следующие задачи.

1. Разработана схема калибровки параметров дуги переменного тока прямоугольной формы, организовав специальный пост.

2. Организован сварочный пост с регистрирующей аппаратурой для проведения исследований

3. Спроектирована технология сварки точками W-AMг-6 инвертором TIG-200P и доработан сварочный пост.

4. Рассчитаны затраты на проведения исследований.

Список используемых источников

1. Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства. – М. : Машиностроение, 184. – 368с.
2. Ищенко И.Я., Чаюн А.Г., Мишенков В.А., Пентегов И.В., Легостаев В.А., Стемковский Е.П. Аргоно-дуговая сварка алюминиевого сплава 01420 разнополярными прямоугольными импульсами шва [Текст] // Автоматическая сварка. - 1978. - № 10.
3. История сварочной техники и технологий: учебное пособие / И90 автор-сост. К.И. Томас; Юргенский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 213 с.
4. Короткова, Г. М. «Источники питания для сплавов: монография / Г.М. Короткова – Москва; Вологда: Инфа – инженерия, 2021. 312 с. : ил., табл. ISBN 978-5-9729-0664-2.
5. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта производственно-технического характера для студентов направления подготовки 15.03.01 [Текст] / И. В. Краснопевцева. – Тольятти ; ТГУ, 2015. – с.32.
6. Лепп В.Р., Короткова Г.М., Моторин К.В. Последовательное включение стабилизатора дуги [Текст] // Сварочное производство. - 1990. - № 12. - С. 24-28.
7. Макурин М. А. «Особенности получения осциллограмм сварочной дуги, горящей от источника питания для VP-GTAW сварки».
8. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565837297> (дата обращения 13.09.2021 г.).
9. Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс]: Приказ Министерство труда и социальной защиты российской федерации от 19 августа 2016 г. N 438н. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420376480> (дата обращения 13.09.2021 г.).

10. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.0.003-2015. [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 13.09.2021 г.).
11. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению ГОСТ Р ИСО 14001-2016. [Электронный ресурс] : Национальный стандарт Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200134681> (дата обращения 13.09.2021 г.).
12. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения 13.09.2021 г.).
13. Рабкин Д. М., Игнатъев В. Г., Довбищенко И. В. Р12 Дуговая сварка алюминия и его сплавов. – М.: Машиностроение, 1982. – 95 с., ил. – (Б-ка электросварщика).
14. Рябов А. О. Регистрация электрических параметров при дуговой сварке // Сборник студенческих работ научно – практической конференции «Студенческие дни науки в ТГУ» часть 1, 2013. - Тольятти : изд-во ТГУ. – С. 72-77.
15. Славин Г.А., Петров А.В., Смирнова СВ., Короткова Г.М. Автоматическая сварка неплавящимся электродом тонкостенных алюминиевых сплавов импульсной дугой [Текст] // Сварочное производство. - 1965. - № 12. - С. 18-20.
16. Филиппов Е. Нелинейная электротехника. Перевод с немецкого [Текст] - М. : Энергия, 1976. - 498 с.
17. https://www.brima.ru/catalog/tig/brima_tig_200p_ac_dc/
18. [ESAB Обучение и подготовка https://a-svarka.ru/svarka/files/tig-svarka-rus.pdf](https://a-svarka.ru/svarka/files/tig-svarka-rus.pdf)

19. Cho J. H. Variable Polarity Plasma Arc (VPPA) Welding Part 2, introduction and Theoretical Background// Journal of Welding and Joining. – 2012. – T. 30. - №. 3. – C. 1-3.
20. Cho, Jungho. «Variable Polarity Arc Welding of Aluminum Thin Plate.» Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers 13 (2014): 89-93.
21. Cho, J., Lee, J. J. and Bay, S. Analysis of heat costs in the arc welding of aluminum with variable polarity. Int J Adv Manufacturing Technol 81, 1237-1280 (2015) <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7292-y>
22. J. Carlos Dutra, L. Machado Cirino & R. Henrique Goncalves e Silva (2010) AC-GTAW of aluminum – new perspective for evaluation of role of positive polarity time, Science and Technology of Welding and Joining. 15:7, 632-637, DOI: [10.1179/136217110X12813393169570](https://doi.org/10.1179/136217110X12813393169570)
23. Jung-Ho C. Variable Polarity Plasma Arc (VPPA) Welding Part 1, Introduction and Theoretical Background // Journal of Welding and Joining. – 2012. T. 30. - №. 3. – C. 1-3.
24. Wang. L.L., Wei, J.H. & Wang, Z.M. Numerical and experimental investigations of variable polarity gas tungsten arc welding. Int J Adv Manuf Technol 95, 2421-2428 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1387-6>

Приложение А

Сертификат участника научно-исследовательской конференции

5–30 апреля
2021 года

СТУДЕНЧЕСКИЕ ДНИ НАУКИ В ТГУ
Научно-практическая конференция

ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ **70**
70 лет высшему образованию Тольятти

СЕРТИФИКАТ

участника
научно-практической конференции «СТУДЕНЧЕСКИЕ ДНИ НАУКИ В ТГУ»

ВЫДАН

Макурину Михаилу Александровичу

за участие
в конкурсе докладов по направлению/секции
«Машиностроение»

Проректор
по научно-инновационной
деятельности
С.Х. Петерайтис



Тольятти