

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Кафедра «Технология конструкционных материалов и метрология»

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МИКРОПЛАЗМЕННОЙ
СВАРКИ**

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Технология конструкционных материалов»,
«Технологические процессы в машиностроении»
для студентов всех специальностей и форм обучения

Нижний Новгород,
2011 г.

Составители: Ю.А. Зиновьев, В.Д. Швецов, Г.И. Белявский

УДК 621.791.75 (075.5)

Изучение конструкции установки и технологического процесса микроплазменной сварки: метод. указания к лаб. работам по дисциплинам «Технология конструкционных материалов», «Технологические процессы в машиностроении» для студентов всех специальностей и форм обучения / НГТУ; сост.: Ю.А. Зиновьев, В.Д. Швецов, Г.И. Белявский. Н. Новгород, 2011. – 12 с.

В методических указаниях приведены краткие сведения из теории микроплазменной сварки. Дана методика определения параметров режимов сварки и их корректировка для получения сварных швов необходимых размеров и высокого качества.

Редактор Э.Б. Абросимова

Подп. в печ. 06.10.11. Формат 60x84 ¹/16. Бумага газетная. Печать офсетная.
Печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 300 экз. Заказ .

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ. 603950, Н. Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2011

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с конструкцией установки для микроплазменной сварки. Научиться настраивать ее на заданный режим работы, освоить технологию микроплазменной сварки.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

2.1. При микроплазменной сварке в качестве источника тепла используется сжатая дуга, стабильно горящая при очень малых токах, недоступных для аргонодуговой сварки.

На рис. 1 показана схема процесса микроплазменной сварки металлов. Нерасходуемый вольфрамовый электрод диаметром 0,8-2 мм с острозаточенным концом выставляется по оси водоохлаждаемого сопла с малым диаметром канала (порядка диаметра электрода); глубина погружения электрода внутрь сопла меньше или равна диаметру сопла. В горелку подается плазмообразующий газ (аргон), вытекающий на отверстия канала сопла. Между электродом и соплом возбуждается малоамперная дежурная дуга и горит непрерывно в потоке плазмообразующего газа, который выдувает из отверстия плазменную струю.

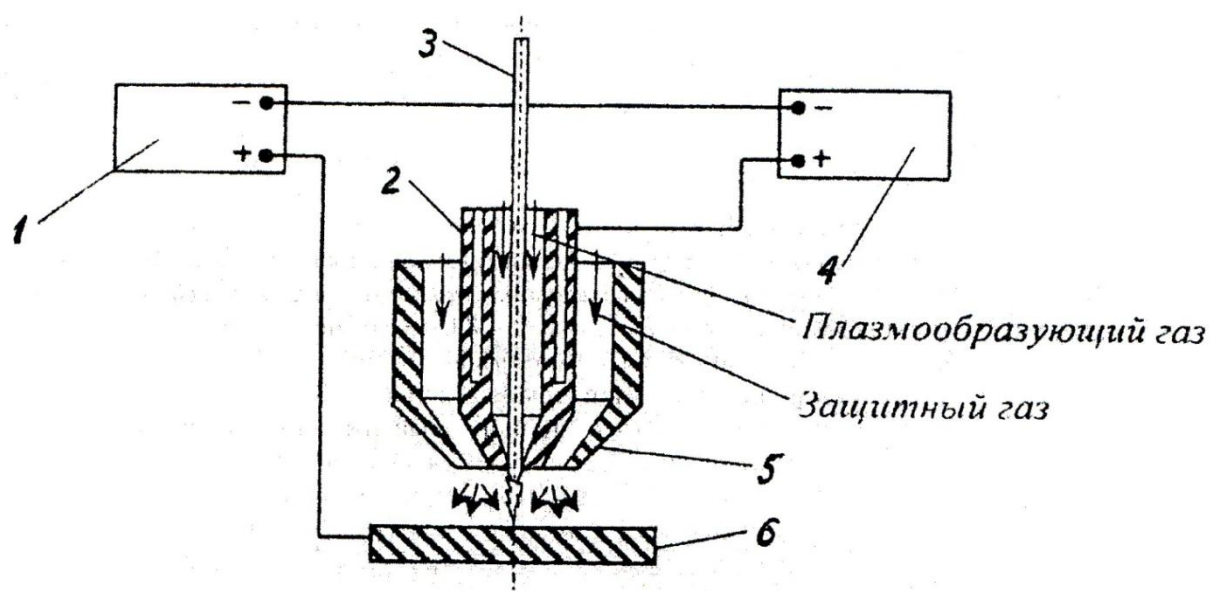


Рис. 1. Схема процесса микроплазменной сварки металлов:

1 – источник питания микроплазмы; 2 – медное водоохлаждаемое сопло; 3 – электрод; 4 – источник питания дежурной дуги; 5 – керамическое сопло; 6 – изделие

Для предотвращения взаимодействия сварочной ванны и зоны термического влияния с атмосферой по кольцевому зазору между водоохлаждаемым и дополнительным (чаще всего керамическим) соплом подается защитный газ: аргон, гелий, азот и их смеси в зависимости от свойств свариваемого металла. Роль защитного газа не ограничивается функцией защиты шва от окисления. Применяемые защитные газы способствуют получению устойчивого в пространстве столба дуги малого диаметра.

Преимущества микроплазменной сварки по сравнению с аргонодуговой сваркой металлов малых толщин связаны с особенностями процесса горения

микроплазменной дуги. Непрерывное горение дежурной дуги применение соответствующих защитных газов позволяет осуществить сварку металлов таких малых толщин (до 0,01 мм), которые недоступны при аргонодуговой сварке. Высокая плотность тока в столбе при микроплазменной сварке обеспечивает получение узкого шва при достаточном проплавлении и малой зоне термического влияния и в результате меньших, чем при аргонодуговой сварке, деформацией металла. Шов, выполненный микроплазменной сваркой, уже полученного аргонодуговой.

Сварка подавляющего большинства металлов производится в непрерывном или импульсном режиме дугой прямой полярности, горячей между вольфрамовым электродом плазмотрона (специальной горелкой, формирующей плазменную струю), и изделием в струе плазмообразующего инертного газа. Импульсный режим горения дуги применяется для получения качественных сварных соединений из особо тонких металлов. В этом режиме нагрев и плавление металла осуществляется в течение импульса тока длительностью $t_{\text{и}}$ дугой прямой полярности. В промежутки времени между импульсами (во время паузы $t_{\text{п}}$) сварочная ванна остывает, металл кристаллизуется и формируется сварная точка. Частота импульсов и скорость сварки выбираются так, чтобы обеспечить определенную величину перекрытия сварных точек. Таким образом, новая сварная точка формируется из непроплавленного и частично переплавленного металла. Подбирая амплитуду и длительность импульса тока, а также длительность паузы, можно исключить прожоги металла. Импульсный режим незаменим для получения прочноплотных соединений из сплавов, содержащих легкоиспаряющиеся компоненты (цинк, олово, серебро, магний и др.), сварка которых дугой постоянного тока всегда сопровождается значительными трудностями.

Микроплазменная сварка алюминия, магния и др. металлов и сплавов, покрытых тугоплавкой окисной пленкой, выполняется (при непрерывном горении малоамперной дежурной дугой между электродом и соплом горелки) последовательно чередующимися разнополярными импульсами.

При подаче положительного относительно изделия импульса напряжения возникает дуга обратной полярности, происходит удаление окисных пленок с поверхности свариваемых кромок за счет катодного распыления. При подаче на вольфрамовый электрод отрицательных относительно изделия импульсов напряжения возникает сжатая дуга прямой полярности, которая осуществляет плавление и собственно сварку металла. Дуга обратной полярности выполняет функцию очистки кромок от окисной пленки, поэтому обычно ток ее в несколько раз (2-3 раза) меньше тока прямой полярности.

2.2. Микроплазменной сваркой можно выполнять стыковые, торцевые и угловые соединения (рис. 2). Разделка кромок для всех типов соединений не производится. Соединения внахлестку не рекомендуются.

Стыковые соединения рекомендуется применять при толщине металла 0,2-2 мм. Для металла толщиной менее 0,2 мм наиболее технологичными являются соединения с отбортовкой. Сварка стыковых соединений выполняется на технологической подкладке с канавкой овального, треугольного или прямоугольного сечения (рис. 3) для формирования обратной стороны шва.

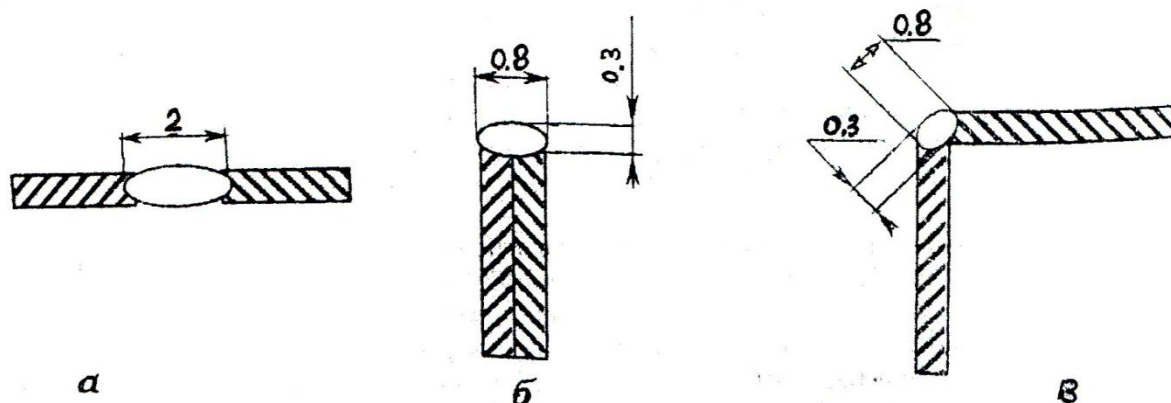


Рис. 2. Типы сварных соединений:
а – стыковые; б – торцевые; в – угловые

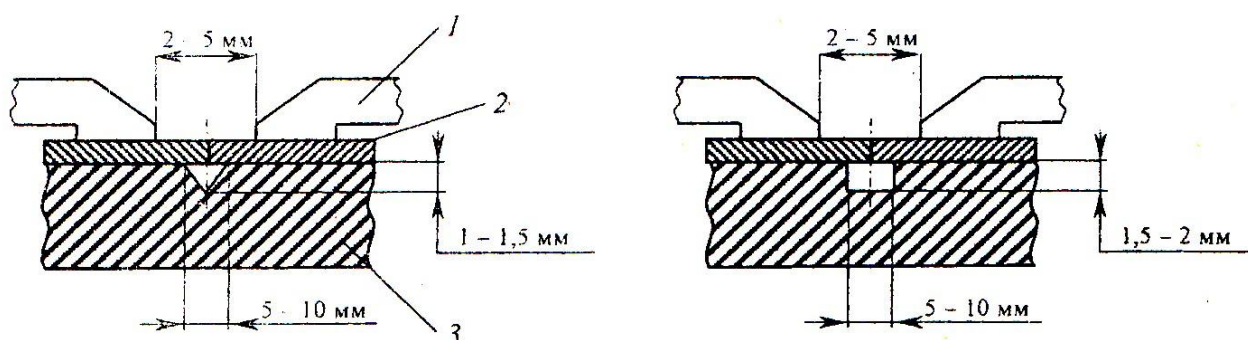


Рис. 3. Виды технологических подкладок:
1 – прижим; 2 – деталь; 3 – технологическая подкладка

Глубина канавки – $0,5 \dots 1 > 5$ мм, ширине – $5 \dots 10$ толщин свариваемого металла. Материал подкладки – нержавеющая сталь (для алюминия) или медь (для сварки сталей и сплавов на основе титана, никеля и др.).

Торцевые соединения выполняются во всем диапазоне толщин и являются при микроплазменной сварке наиболее благоприятными. Во всех случаях, где это возможно, рекомендуется заменять другие виды соединений торцевыми или с отбортовкой кромок.

2.3. Микроплазменная сварка требует тщательной сборки изделий. С уменьшением толщины и размеров свариваемых деталей роль сборки под сварку в обеспечении качественного соединения возрастает и может стать решающей (особенно при сварке металла толщиной менее $0,1 \dots 0,2$ мм). Как правило, в случае сварки без присадочной проволоки зазоры и превышение кромок в стыковых соединениях не должны быть более $10 \dots 15\%$ толщины свариваемого материала, в торцевых – $20 \dots 30\%$. При невозможности обеспечить такой зазор следует применять присадку.

2.4. Подготовка под микроплазменную сварку поверхности деталей из нержавеющей сталей, никеля, титана и их сплавов производится так же, как под аргонодуговую сварку. С поверхности деталей и сварочной проволоки (в случае ее использования) необходимо удалить краску, жировые пятна и др. загрязнения химическим ли механическим путем.

2.5. Выбор параметров режима сварки.

2.5.1. Состав защитного газа зависит от рода свариваемого металла. Для сварки нержавеющей сталей, никеля и сплавов на его основе различных цветных и тугоплавких металлов применяют защитные аргоноводородные смеси (обычно менее 10% водорода). Для меди, латуни, титана и некоторых активных металлов рекомендуются смеси аргона с 70...75% гелия, для низкоуглеродистых сталей смеси аргона с водородом (0,5...15% водорода).

Расход защитного газа выбирается из условия качественной защиты расплавленного металла от окисления и, таким образом, зависит от типа соединения и условий отвода тепла, а также от рода защитного газа. Обычно расход защитного газа колеблется в пределах 2...8 л/мин.

2.5.2. Расход плазмобразующего газа (аргона) при микроплазменной сварке обычно составляет 0,1...0,6 л/мин. При выборе расхода плазмобразующего газа следует иметь в виду, что при чрезмерном его увеличении возможно ухудшение формирования шва и появление эффекта резки.

2.5.3. Рабочую длину дуги рекомендуется выбирать 2-3 мм. При этом обеспечивается удовлетворительная защита шва от атмосферного влияния при рекомендуемых расходах защитного газа.

2.5.4. Рекомендуемая глубина погружения вольфрамового электрода внутрь сопла относительно среза сопла – 0,5...1,2 мм. Рекомендуемые размеры сопел, диаметра электрода приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые размеры сопел диаметра электрода

Ток, А	Диаметр канала сопла, мм	Высота канала сопла, мм	Диаметр электрода, мм
До 10	0,6-0,8	0,8-1,0	0,8-1,0
10-20	0,8-1,2	1,0-1,2	1,0-1,2
20-30	1,2-1,5	1,0-1,5	1,2-1,5
30	1,5-1,8	1,0-1,5	1,5-2,0

2.5.5. Для свариваемых материалов любых марок величину сварочного тока выбирают пропорционально толщине металла. На рис. 4 представлены зависимости тока от скорости сварки при различной толщине металла. Для каждой толщины металла существует оптимальная скорость сварки (рис. 4, б).

Соотношение параметров импульсной микроплазменной сварки должно обеспечивать перекрытие точек 60...70% (не менее 50%), рекомендуемая жесткость режимы $t_{и}/t_{п}=0,5...3$.

В табл. 2 приводятся некоторые примеры режимов сварки различных металлов.

2.6. Описание конструкции и работы установки для микроплазменной сварки типа МПУ-4.

Установка микроплазменной сварки МПУ-4 предназначена для ручной сварки черных, цветных, легких и тугоплавких металлов и сплавов малых толщин (от 0,1 мм до 1 мм). Техническая характеристика установки приведена в табл. 3.

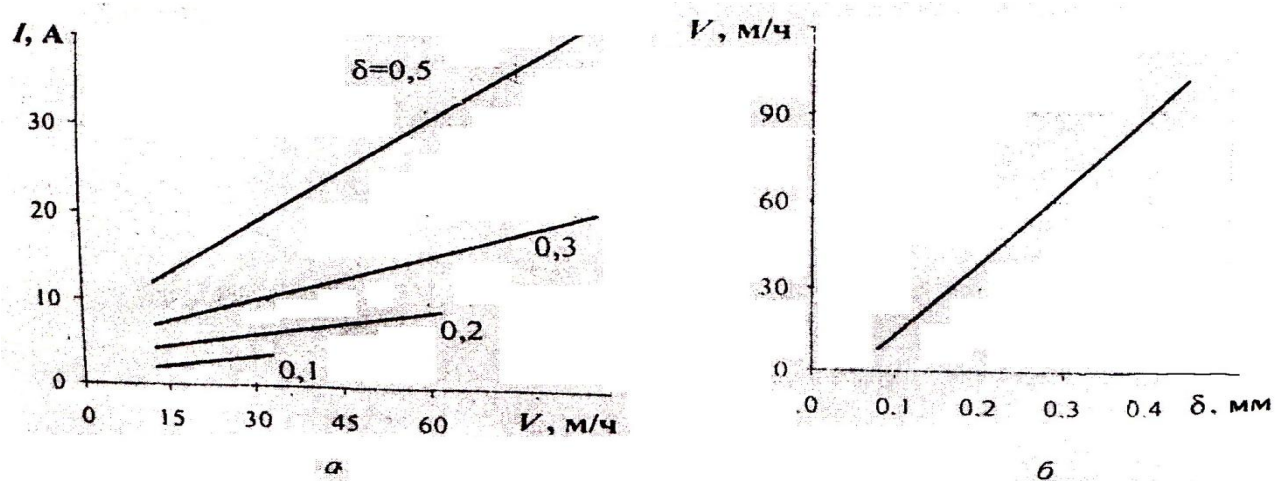


Рис. 4. Влияние толщины металла на величину сварочного тока (а) и скорость сварки (б)

Установка обеспечивает четыре режима работы (рис. 5).

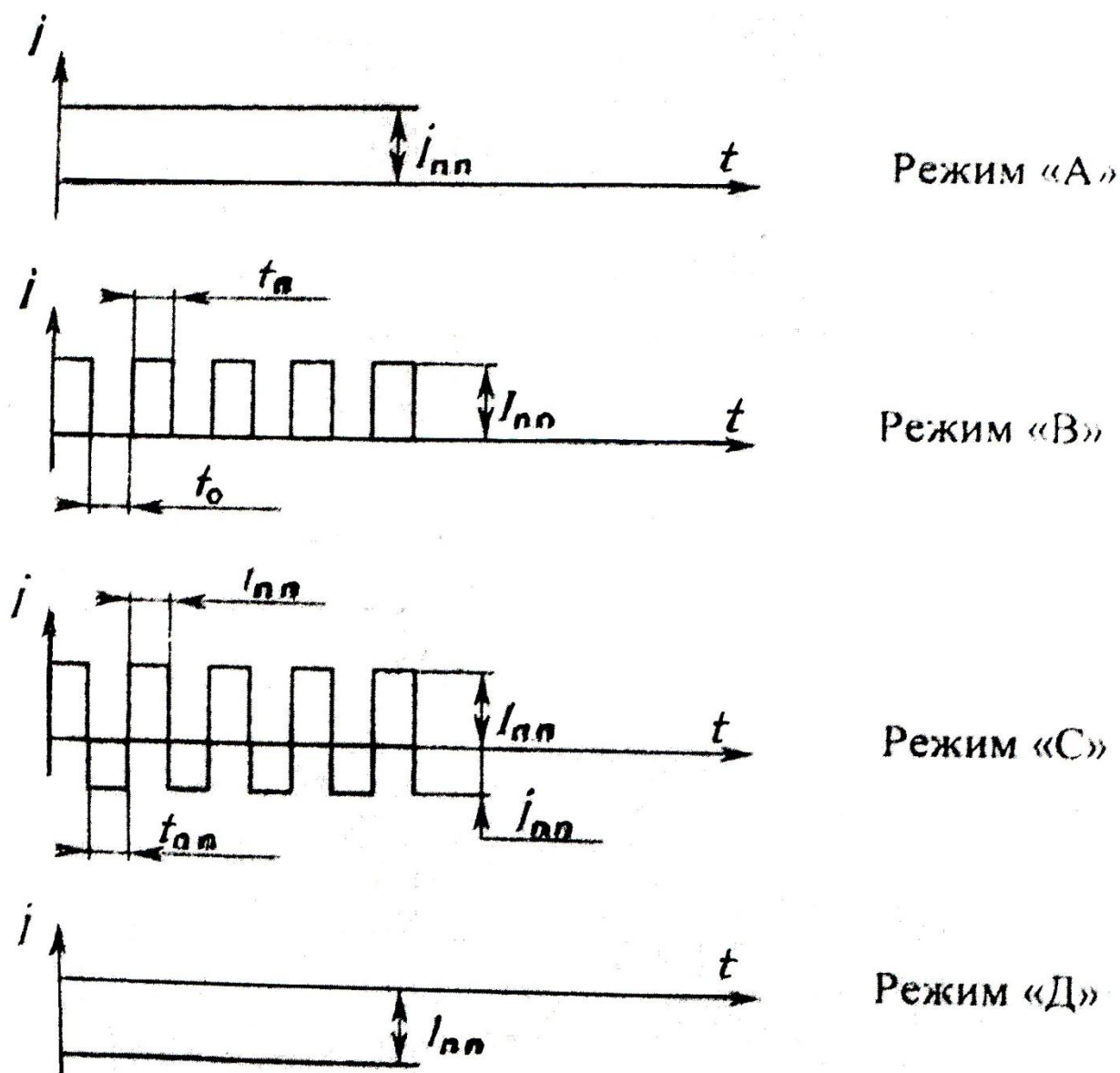


Рис. 5. Режимы работы установки

Таблица 2

Ориентировочные режимы сварки

Материал	Тип соединения	δ , мм	I , А	U , В	Длительность, с		$V_{св}$, м/ч	Защитный газ	Расход газа, л/мин		Режим сварки
					$t_{н}$	$t_{п}$			$Q_{пл}$ (Ar)	Q (защ)	
Мало-углеродистая сталь	Торцевое	0,1	2	24	-	-	12	Ar+3%Н ₂	0,2	5	Непрерывный
	Торцевое	0,3	6	20-25	-	-	8	Ar+5%Н ₂	0,25	6	Непрерывный
	Торцевое	0,1	1,4	22-26	-	-	28	Ar+6%Н ₂	0,15	5	Непрерывный
	Торцевое	0,1	3	20	0,02	0,02	22	Ar+4%Н ₂	0,2	5	Импульсный
	Торцевое	0,2	5,4	20	0,02	0,02	22	Ar+4%Н ₂	0,25	6	Импульсный
	Стык с отбортовкой	0,1	1,6	-	-	-	22,5	Ar+0,5%Н ₂	0,3	2,5	Непрерывный
	Стык с отбортовкой	0,1	1,6	-	-	-	20	Ar+50%He	0,3	3	Непрерывный
Нержавеющая сталь X18Н9	Стык с отбортовкой	0,25	6	25	-	-	12	Ar+0,5%Н ₂	0,3	5	Непрерывный
	Стык с отбортовкой	0,25	5,6	25	-	-	22,5	Ar+3%Н ₂	0,15	3	Непрерывный
	Стык с отбортовкой	0,25	4	25	-	-	27	Ar+7%Н ₂	0,5	3	Непрерывный
	Стыковое	0,5	7	25	-	-	9	Ar+5%Н ₂	0,2	5	Непрерывный
	Стыковое	0,65	14	-	-	-	16,7	Ar+7%Н ₂	0,3	6	Непрерывный
Медь	Стыковое	0,3	30	25-27	-	-	6,8	Ar+75%He	0,3	5	Непрерывный
	Торцевое	0,075	10	28-30	-	-	9,1	Ar+75%He	0,2	6	Непрерывный
Никель	Торцевое	0,3	18	24	-	-	11	Ar+5%Н ₂	0,25	6	Непрерывный
	Стыковое	0,35	30	22	0,02	0,02	28	Ar+5%Н ₂	0,25	5	Импульсный

Режим «А» - сварка постоянным током прямой полярности с плавной регулировкой тока от 2,5 А до 30 А.

Режим «В» - сварка импульсным током прямой полярности с плавной регулировкой тока от 2,5 А до 30 А и дискретной регулировкой длительности импульсов и пауз в пределах 0,02-0,5 с.

Режим «С» - сварка импульсным током разной полярности с плавной регулировкой тока прямой полярности от 2,5 А до 30 А и дискретной регулировкой длительности импульсов тока прямой полярности в пределах 0,02-0,5 с и тока обратной полярности от 4 А до 12 А и длительности импульсов тока обратной полярности в пределах 0,02-0,5 с.

Таблица 3

Технические характеристики оборудования для микроплазменной сварки

Показатель	Тип установки		
	А1255	МПУ-М	МПУ-4
Толщина свариваемого металла, мм: сталь алюминий и его сплавы	0,05-1	0,1-1,5	0,1-1,5 0,05-0,8
Ток основной дуги, А прямая полярность обратная полярность	0,5-10	2-30	2-30 4-11
Ток дежурной дуги, А			
Длительность протекания тока дуги, с прямая полярность обратная полярность (или пауза)	0,02	0,02-0,5	0,02-0,5 0,02-0,5
Расход плазмообразующего газа, л/мин	0,2-0,8	0,2-0,8	0,2-0,8
Расход защитного газа, л/мин	2-5	2-5	2-6
Масса, кг	50	150	50

Установка комплектуется плазмотроном (плазменная горелка) типа 03-1160 А, предназначенным для сварки на прямой полярности и переменном токе до 40-60 А. В нем используется вольфрамовый электрод диаметром 0,8-1,6 мм, который закреплен с помощью втягивающей цанги и изолируется керамической втулкой. Корпус горелки состоит из двух частей, которые склеены через керамическую шайбу. В нижнюю часть корпуса ввинчивается сменный молибденовый наконечник (плазменное сопло) с диаметром отверстия 0,8-1,5 мм. Плазмотрон обеспечивает безвихревое и равномерное истечение как плазмообразующего, так и защитного газа.

Корпус установки, в котором размещены все элементы электрической схемы, установлен на подвижном основании, представляющем собой платформу на четырех поворотных колесах.

В корпусе размещены: передняя панель, блок трансформаторов, выдвижная и распределительная панели, реле расхода воды, блок резисторов. С боков и сзади каркас закрыт съемными крышками. Органы управления и контроля выведены на переднюю панель, размещенную в верхней части корпуса (рис. 6).

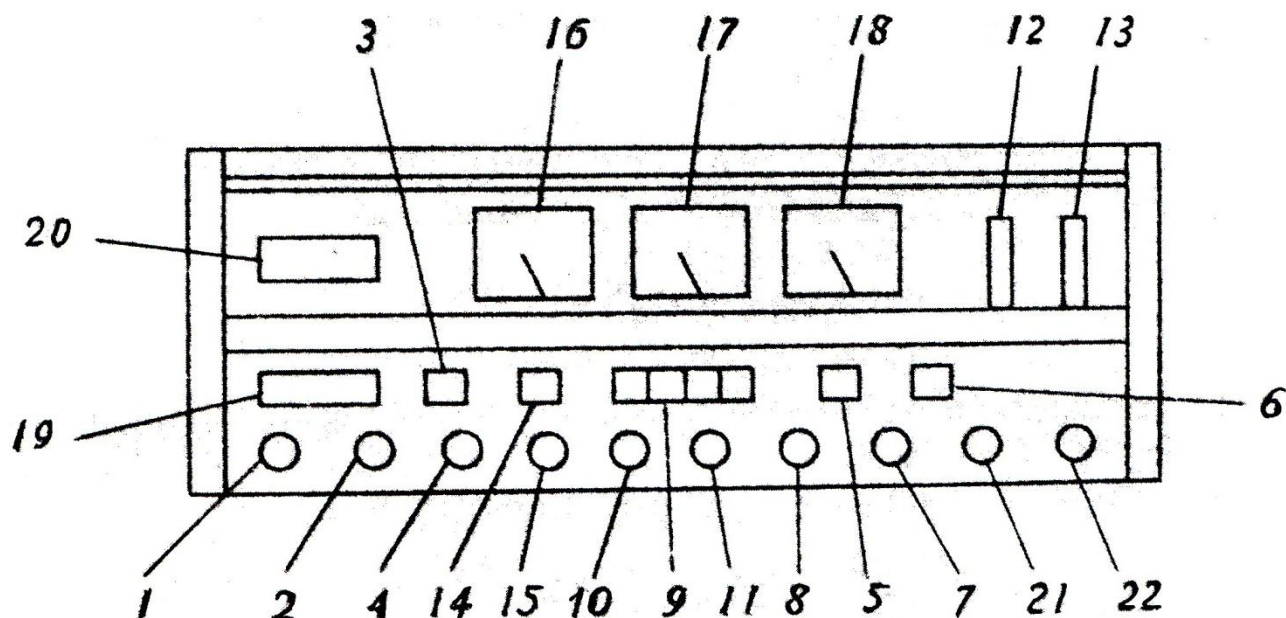


Рис. 6. Общий вид панели с органами управления: 1 – кнопка «Сеть вкл.»; 2 – кнопка «Сеть выкл.»; 3 – тумблер «Дежурная дуга»; 4 – кнопка «Поджиг»; 5 – тумблер «Основная дуга»; 6 – тумблер «Ток дуги 10 А – 30 А»; 7 – кнопка «Ток дуги больше»; 8 – кнопка «Ток дуги меньше»; 9 – переключатель «Режим»; 10 – переключатель «1»; 11 – переключатель «2»; 12 – ротаметр «Аргон»; 13 – ротаметр «Защитный газ»; 14 – тумблер «Защитный газ»; 15 – кнопка «Измер. напряж.»; 16 – вольтметр; 17 – амперметр «Ток прямой»; 18 – амперметр «Ток обратный»; 19 – лампа; 20 – шкала барабана установки тока; 21 – регулировка аргона; 22 – регулировка защитного газа

Система газоподвода установки предназначена для подвода, регулировки и контроля расхода плазмообразующего и защитного газов на горелку.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ

- 3.1. Установка для микроплазменной сварки МПУ-4.
- 3.2. Приспособление для сборки, штангенциркуль, плоскогубцы.
- 3.3. Образцы листового металла толщиной 0,1-0,5 мм.
- 3.4. Ацетон.

4. ОХРАНА ТРУДА

- 4.1. К лабораторной работе допускаются студенты, прошедшие общий инструктаж по технике безопасности в лаборатории.
- 4.2. При проведении микроплазменной сварки сварщик должен придерживаться общих правил техники безопасности сварочных работ.
- 4.3. Сварка производится под наблюдением преподавателя либо лаборанта.
- 4.4. Студент, выполняющий сварочные работы, должен быть одет в спецодежду, руки должны быть защищены хлопчатобумажными перчатками. Во время сварки лицо должно быть защищено щитком, снабженным защитным светофильтром.

4.5. Установка и изделия должны быть заземлены.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Изучить конструкцию установки и ознакомиться с технологическим процессом микроплазменной сварки.

5.2. Подобрать режим сварки и освоить технику выполнения сварки.

5.2.1. Подготовить поверхность свариваемых образцов под сварку.

5.2.2. Произвести сборку образцов.

5.2.3. Подготовить оборудование к сварке:

- подать проточную воду в систему охлаждения установки;
- подать на установку напряжение питания от сети;
- установить тумблер «Ток дуги 10 А – 30 А» в положение, соответствующее выбранному режиму по технологической карте;
- установить переключатель «Режим» в положение «А»;
- подать в установку плазмообразующий газ и установить с помощью вентилей ротаметра «Аргон» его расход;
- подать в установку защитный газ и установить с помощью вентилей ротаметра «Защитный газ» его расход;
- нажать кнопку «Сеть вкл.»;
- установить по шкале на передней панели ориентировочный ток сварки, нажимая кнопку «Больше» или «Меньше»;
- включить тумблер «Дежурная дуга»;
- нажать кнопку «Поджиг» (при этом должна загореться дежурная дуга).

Примечание: При работе в режиме «С» необходимо перед поджигом дежурной дуги тумблер «10 А – 30 А» поставить в положение «30 А»;

включить тумблер «Основная дуга»;

поднести горелку к технологической оправке на расстоянии 1-2 мм: когда загорится основная дуга, подрегулировать кнопками «Больше» и «Меньше» величину сварочного тока, контролируя его значение по амперметру «Ток прямой» и амперметру «Ток обратный»;

- отвести горелку от технологической оправки до погасания основной дуги;

- установить кнопчным переключателем «Режим», а также длительность величины импульсов и пауз;

- поднести горелку к свариваемому изделию на расстояние 1-2 мм. После загорания основной дуги растянуть ее до требуемой длины и произвести сварку;

- после окончания сварки выключить тумблер «Основная дуга».

5.2.4. По окончании работы произвести выключение установки в следующей последовательности:

- выключить тумблер «Основная дуга»;
- выключить тумблер «Дежурная дуга»;
- выключить установку нажатием кнопки «Сеть выкл.»;
- перекрыть подачу в установку плазмообразующего и защитного газов;
- перекрыть подачу в установку охлаждающей воды;

- отключить установку от сети.

5.3. Произвести контроль сварного соединения.

6. СОДЕРЖАНИЕ ПИСЬМЕННОГО ОТЧЕТА

Привести:

- название и цель работы;
- краткие сведения по теории и технологии процесса микроплазменной сварки;
- указать марку сварочной установки, ее основные технические характеристики;
- показать схему процесса микроплазменной сварки металлов и диаграмму режимов работы установки;
- описать методику эксперимента (образцы, тип соединения, значения параметров режима) и результаты опытных сварок, их качество;
- представить выводы по работе.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- Принцип микроплазменной сварки металлов.
- Преимущества микроплазменной сварки по сравнению с аргонодуговой сваркой металлов малых толщин.
- Режимы горения дуги (работы) установки.
- Типы соединений, рекомендуемые при микроплазменной сварке.
- Параметры режимы микроплазменной сварки. Как осуществляется их регулировка?
- Основные узлы установки для микроплазменной сварки.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Микроплазменная сварка / Б.Е. Патон и др. / под общ. ред. Б.Е. Патона, Киев: Наукова Думка, 2009. – 246 с.