

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Кафедра «Дорожно-строительные машины»**

Методические указания  
к лабораторным занятиям по дисциплине  
**«Технология машиностроения, производство и  
ремонт подъемно-транспортных, строительных и  
дорожных машин»**  
для бакалавров, обучающихся по направлению  
23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
(Часть 1)

Казань  
2016

УДК 006  
ББК 30.10  
А 30

Методические указания для выполнения лабораторных занятий по дисциплине «Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин» (Часть 1)/ Сост.: Т.Р. Габдуллин, М.М. Махмутов. – Казань: Изд-во Казан.гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 31 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных занятий, составлены в соответствии с типовой программой по дисциплине «Технология машиностроения, производство и ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин».

Предназначены для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профиль «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование»

***Габдуллин Т.Р., Махмутов М.М.***

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технический сервис» Казанского государственного аграрного университета **Н.Р. Адигамов**

**Печатается по решению Редакционно-издательского совета  
Казанского государственного архитектурно-строительного университета**

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2016.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторное занятие №1.....	4
2. Лабораторное занятие №2.....	13
3. Лабораторное занятие №3.....	24
4. Лабораторное занятие №4.....	30

## **Лабораторное занятие №1**

### **Ручная дуговая сварка**

**Цели работы:** изучить оборудование сварочного поста, освоить методику подбора режимов сварки, исследовать технологические свойства электродов, снять внешнюю характеристику источника тока.

**Материалы для выполнения работы:** сварочный пост переменного тока с электроизмерительными приборами (амперметром, вольтметром), весы циферблатные с гирями, секундомер, линейка, электроды, стальные пластины для наплавки.

### **Литература**

1. Геворкян В.Г. Основы сварочного дела. – М.: Высш. школа, 1985.- 168 с., ил.
2. Шебеко Л.П. Производственное обучение электро-газосварщиков. – М.: Высш. школа, 1984.-167 с., ил.
3. Шебеко Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки.– М.: Высш. школа. 1975, 344 с.
4. Ханпетов М.В. Сварка и резка металлов. – изд. 2-е. – М., Стройиздат. 1980, 232 с.

### **1. Общие сведения**

Ручная дуговая сварка (РДС) относится к термическому классу. Источником тепла служит электрическая дуга, возникающая между электродом и свариваемым изделием при протекании постоянного или переменного тока.

Источниками питания дуги переменного тока при ручной дуговой сварке являются сварочные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными обмотками типа ТС, ТСК, ТД схема которых показана на рис. 1.

Сердечник трансформатора 1 стержневого типа, катушки первичной обмотки 2 неподвижны, а катушки вторичной обмотки 3 перемещаются вверх и вниз вручную с помощью винта и рукоятки, расположенной на крышке кожуха трансформатора.

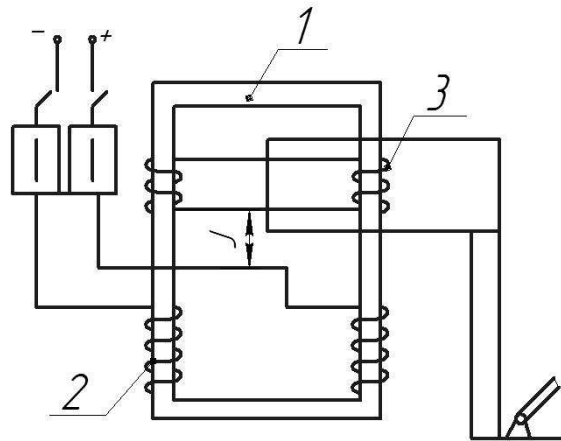


Рис. 1. Конструктивная схема сварочного трансформатора

Сварочный ток регулируется изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками. При сближении обмоток магнитный поток рассеяния (часть основного магнитного потока, частично замыкающегося по воздушному зазору между обмотками) и индуктивное сопротивление уменьшаются, а сварочный ток увеличивается. Минимальный сварочный ток соответствует наибольшему расстоянию между обмотками.

Свойства источника тока определяются его внешней характеристикой, представляющей зависимость напряжения на зажимах источника от тока в сварочной цепи  $U = f(I)$ . Устойчивость горения дуги зависит от соотношения форм внешней характеристики источника и статической характеристики дуги. Для ручной дуговой сварки, когда характеристика дуги жесткая (рис. 2, кривая 1), внешняя характеристика источника питания должна быть крутопадающей (кривая 2). Кроме того, при крутопадающей характеристике облегчается зажигание дуги за счет повышенного напряжения холостого хода и ограничивается ток короткого замыкания.

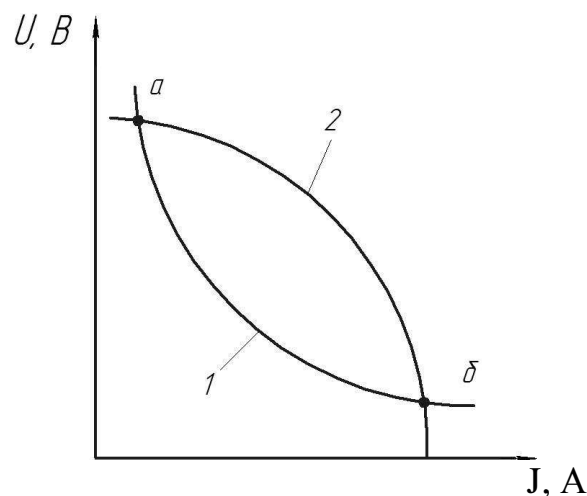


Рис. 2. Соотношение внешней характеристики тока и статической характеристики дуги

Режим сварки один из основных элементов технологического процесса, который определяет качество и производительность сварки. При РДС основными параметрами режима являются диаметр электрода  $D_э$  в мм, сварочный ток  $J_{св}$  в амперах, напряжение на дуге  $U_d$  в вольтах и скорость сварки  $V_{св}$  в м/ч.

Определение режима сварки начинают с выбора диаметра электрода, его типа и марки. Диаметр электрода  $D_э$  выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла  $S$  (табл. 1) при сварке стыковых соединений и от катета шва  $h$  (табл. 2) при сварке угловых и тавровых соединений.

Таблица 1

Значения диаметра электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей

Толщина деталей $S$ , мм	1,5...2	3	4...8	9...12	13...15	16...20
Диаметр электрода $D_э$ , мм	1,6...2	3	4	4...5	5	5...6

Таблица 2

Значения диаметра электрода в зависимости от катета шва

Катет шва $h$ , мм	3	4...5	6...9
Диаметр электрода $D_э$ , мм	3	4	5

Марку электрода выбирают в зависимости от химического состава свариваемого металла. Покрытие электрода со шлакообразующей основой на базе карбонатов кальция или магния и плавикового шпата называется основным. Основные покрытия пригодны для сварки и углеродистых, и легированных сталей. Наиболее известные марки электродов этой группы - УОНИИ-13/45, АНО-7, АНО-8. Наплавленный ими металл обладает высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах.

Покрытие со шлакообразующей основой на базе рутила (ТЮ-2) называют рутиловым, которое является наиболее распространенным в нашей стране. Широко используют электроды марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4 из-за высоких механических свойств швов и хороших сварочно-технологических характеристик.

При выборе типа электрода следует руководствоваться ГОСТ 9467-75. В нем предусмотрено девять типов электродов: Э38, Э42, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60. Их применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа. Для сварки легированных сталей с временным сопротивлением свыше 600 МПа используют электроды Э70, Э150. В обозначении типа

электрода указаны буква Э (электрод) и цифра, показывающая минимальное временное сопротивление разрыву металла шва или наплавленного металла в кгс/мм<sup>2</sup>. Буква А после цифрового обозначения электродов указывает на повышенные пластичность и вязкость металла шва.

Тип электрода выбирают таким образом, чтобы прочность металла шва и прочность основного металла были примерно равны. Например, если у основного металла  $\sigma_B = 480$  МПа, то следует выбирать электрод типа Э50 или Э50А.

Сварочный ток в зависимости от диаметра электрода определяют по формуле:

$$J_{св} = k \cdot D_э, \text{ А} \quad (1)$$

где  $D_э$  - диаметр электрода, мм;  $k$  - коэффициент, зависящий от диаметра электрода и типа покрытия.

Таблица 3

Значения опытного коэффициента в зависимости от диаметра электрода

Диаметр электрода $D_э$ , мм	2	3	4	5	6
Опытный коэффициент, $k$	25...30	30...45	35...50	40...55	45...60

При сварке вертикальных швов сварочный ток уменьшается на 10 %, потолочных - на 20 % от расчетного.

Напряжение на дуге определяют по формуле

$$U_d = \alpha + \beta \cdot L_d, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – падение напряжения на электроде ( $\alpha = 10...12$  В – для стальных электродов,  $\alpha = 35...38$  В - для угольных электродов);  $\beta = 2$  В/мм - падение напряжения на 1 мм дуги;  $L_d$  – длина дуги,  $L_d = 0,5(D+2)$ , мм.

Для наиболее широкоприменяемых электродов в среднем  $U_d$  составляет 25...28 В.

Расплавление металла электрода характеризуется коэффициентом расплавления  $\alpha_p$ , который показывает, какая масса металла электрода при силе тока в один ампер расплавится за один час горения дуги:

$$\alpha_p = G_p / J_{св} t, \text{ г/А} \cdot \text{ч}, \quad (3)$$

где  $G_p$  – вес расплавленного металла, г;  $I_{св}$  – сила сварочного тока, А;  $t$  – время горения дуги, ч.

Не весь расплавленный металл электрода переносится в шов. Часть его теряется на разбрызгивание, испарение и угар. Поэтому производительность процесса сварки определяют, исходя из коэффициента наплавки  $\alpha_i$ , который меньше коэффициента расплавления на величину потерь электродного металла:

$$\alpha_n = G_n / J_{ce} t, \text{ г/А}\cdot\text{ч}, \quad (4)$$

где  $G_n$  – вес наплавленного металла, г.

Коэффициент потерь определяется по формуле:

$$\psi = (G_p - G_n) \cdot 100\%, \quad (5)$$

Значения рассмотренных коэффициентов зависят от марок электродов, рода и полярности тока и составляют  $\alpha_p = 7...13 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ ;  $\alpha_n = 6...12,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ ;  $\psi = 5...25 \%$ .

Скорость сварки определяют из выражения:

$$V_{ce} = (\alpha_n J_{cb}) / \gamma \cdot F_{nm}, \text{ м/ч}, \quad (6)$$

где  $V_{ce}$  – скорость сварки, м/ч;  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;  $\gamma$  – плотность металла, г/мм<sup>3</sup> (для стали  $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ г/мм}$ );  $F_{nm}$  – площадь сечения наплавленного металла шва, представляющая сумму элементарных геометрических фигур, составляющих сечение шва, мм<sup>2</sup>. Приблизительно площадь поперечного сечения шва считается равной площади равностороннего треугольника с углом раскрытия кромок 60°.

## 2. Порядок выполнения работы

1. Изучить оборудование сварочного поста.
2. Изучить устройство и принцип работы источника питания электрической дуги.
3. Снять внешнюю характеристику источника тока. Чтобы построить внешнюю характеристику, необходимо получить три характерные точки *a*, *b*, *c* (рис. 2), которые соответствуют соответственно режимам холостого хода, рабочему режиму, режиму короткого замыкания. Для получения точки *a* необходимо при включенном источнике питания и разомкнутой цепи снять показания амперметра и вольтметра. Для получения точки *c* необходимо сварочную цепь замкнуть накоротко и определить ток короткого замыкания по амперметру. Для получения точки *b* необходимо в процессе наплавки снять показания амперметра и вольтметра. Результаты измерений занести в табл. 4 и по этим данным построить внешнюю характеристику источника питания (рис. 3).

### 4. Экспериментальные данные

Таблица 4

Режим работы	Показания приборов	
	J, А	U, В
Холостой ход		
Устойчивое горение дуги		
Короткое замыкание		



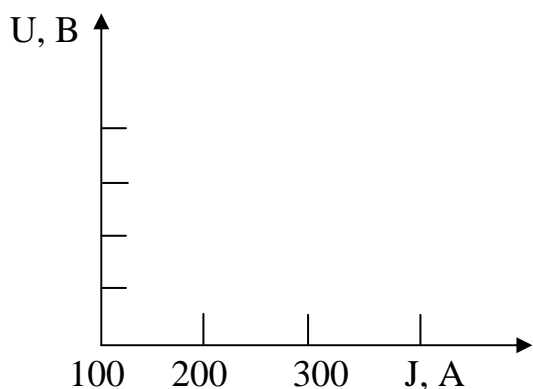


Рис. 3. Внешняя характеристика источника тока

5. Рассчитать режим ручной дуговой сварки. Для расчета параметров РДС исходные данные взять в табл. 5, согласно номеру варианта, заданного преподавателем.

- а) Выбрать диаметр электрода (табл. 1 и 2).
- б) Определить величину сварочного тока по формуле (1) и табл. 3.
- в) Определить напряжение на дуге по формуле (2).
- г) Выбрать тип и марку электрода.
- д) Полученные данные занести в табл. 6.

Таблица 5

5. Исходные данные для параметров режима ручной дуговой сварки

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление разрыву $\sigma_b$ , МПа	Толщина металла $S$ , мм	Вид соединения	Положение шва в пространстве
1	ВСт3сп	400	4	угловое	нижнее
2	10	340	6	угловое	нижнее
3	20Г	460	3	стыковое	нижнее
4	16ГС	530	5	стыковое	потолочное
5	15ХСНД	500	8	стыковое	вертикальное
6	10Г2С	520	7	стыковое	нижнее
7	ВСт2сп	370	7	угловое	нижнее
8	14Г2	470	10	стыковое	нижнее
9	09Г2	450	6	стыковое	потолочное
10	15	380	4	стыковое	вертикальное

Примечание: При сварке угловых швов с толщиной детали 4 ... 6 мм катет шва будет 5 мм, с толщиной 6...8 мм - 6 мм.

Таблица 6

## Результаты расчета параметров ручной дуговой сварки

Номер варианта	Диаметр электрода $D_э$ , мм	Сварочный ток $J_{св}$ , А	Сварочное напряжение $U_д$ , В	Тип электрода	Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч

6. Рассчитать коэффициенты расплавления, наплавки и потерь по формулам (3)...(5).

7. Определить скорость сварки по формуле (6).

### 3. Содержание отчета

1. Название и цели работы, описание оборудования сварочного поста.
2. Схема источника питания и описание основных его узлов.
3. Экспериментальные данные (табл. 4) и внешняя характеристика источника питания (рис. 3).
4. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки, табл. 6.
5. Расчет технологических коэффициентов электродных покрытий.

### 4. Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип работы сварочного трансформатора.
2. Электрическая дуга и ее свойства.
3. Внешняя характеристика источника питания и требования к ней.
4. Сварочные электроды.
5. Основные параметры режима ручной дуговой сварки.

## Лабораторное занятие №2 Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа

**Цели работы:** знакомство с особенностями, оборудованием и технологией полуавтоматической сварки в среде углекислого газа.

**Материалы для выполнения работы:** полуавтомат марки ПДГ-312-1УЗ, сварочная проволока, пластины для наплавки.

### Литература

1. Геворкян В.Г. Основы сварочного дела. – М.: Высш. школа, 1985.- 168 с., ил.

2. Шебеко Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки.– М.: Высш. школа. 1975, 344 с.

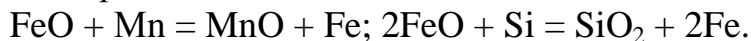
### 1. Общие сведения

Особенность полуавтоматической сварки в среде углекислого газа заключается в том, что электрическая дуга горит между голой электродной проволокой и свариваемым металлом в среде углекислого газа, который оттесняет воздух из зоны сварки. В интервале высоких температур углекислый газ является активным окислителем, так как диссоциирует с образованием атомарного кислорода:  $\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}$ . В результате, в сварочной ванне могут протекать следующие реакции:



Из этих реакций видно, что при сварке в углекислом газе происходит повышенное выгорание элементов, входящих в состав основного металла: углерода, кремния, марганца и др.

Чтобы подавить реакции окисления, а также пополнить выгоревшие примеси, при сварке в углекислом газе применяют электродную проволоку, легированную марганцем и кремнием. Они восстанавливают железо из его закисей, при этом образовавшиеся окислы марганца и кремния переходят в шлак:



Сварка в среде углекислого газа - процесс высокопроизводительный - сюжет выполняться во всех пространственных положениях и производится постоянным током обратной полярности. Переменный ток и постоянный ток прямой полярности не применяются из-за недостаточной устойчивости процесса и неудовлетворительного качества и формы шва.

В углекислом газе сваривают в основном сварные конструкции из конструкционной углеродистой и низколегированной стали (газопроводы, нефтепроводы, корпуса судов и химических аппаратов и т.п.).

Преимущества полуавтоматической сварки в среде углекислого газа с точки зрения ее стоимости и производительности позволяют заменять ею ручную дуговую сварку качественными электродами.

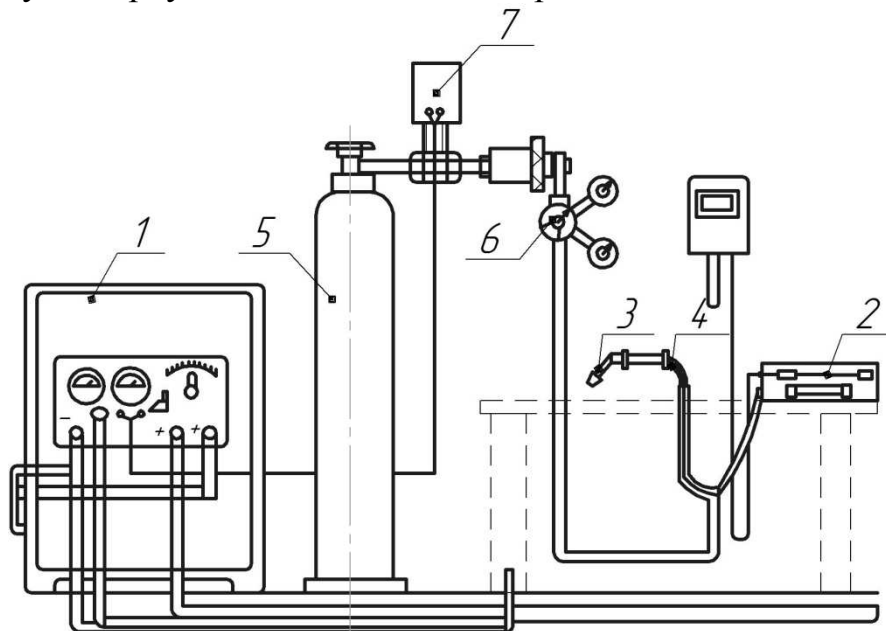


Рис. 1. Схема полуавтомата для сварки в углекислом газе:

1 - сварочный выпрямитель; 2 - подающий механизм; 3 - газозлектрическая горелка; 4 - шланг; 5 - баллон с газом; 6 - газовый редуктор; 7 - подогреватель газа

Для сварки в углекислом газе применяется полуавтомат ПДГ-312-1УЗ (рис. 1), который предназначен для электродуговой сварки проволокой марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 диаметром 1,0...1,4 мм в углекислом газе изделий из малоуглеродистой и низколегированной стали.

Подающий механизм предназначен для подачи электродной проволоки из кассеты через шланг в горелку. Проволока подается парой роликов, один из которых - ведущий. Ведущий ролик приводится в движение электродвигателем типа КПА-563. Скорость подачи проволоки изменяется в диапазоне 75...1000 м/ч.

Шланг 4 предназначен для подвода сварочного тока и электродной проволоки от подающего механизма к горелке.

Газозлектрическая горелка 3 служит для подвода сварочного тока, электродной проволоки и углекислого газа непосредственно к электрической дуге. На рукоятке горелки установлена пусковая кнопка для включения сварочного тока и двигателя подачи проволоки.

Газовая аппаратура включает в себя баллон с углекислотой, газовый редуктор 6 и подогреватель газа 7. Баллон предназначен для хранения углекислоты (малый - 12 кг, большой - 25 кг) под давлением 15 МПа. Подогреватель предназначен для подогрева углекислого газа, поступающего из баллона в редуктор с целью предупреждения замерзания клапанов при перепаде давления.

Редуктор предназначен для понижения давления газа до рабочего - 0,5 МПа и поддержания его постоянным в процессе сварки.

Сварочный выпрямитель типа ВДГ-303-1УЭ служит источником питания сварочной дуги. При сварке в среде защитных газов плавящимся электродом основными параметрами технологического режима являются: диаметр электродной проволоки  $D$  в мм, сварочный ток  $J_{св}$  в амперах, напряжение на дуге  $U_d$  в вольтах, скорость сварки  $V_{св}$  в м/ч, скорость подачи электродной проволоки  $V_{п}$  в м/ч, вылет электрода  $D_э$  в мм, род тока и полярность. Диаметр электродной проволоки подбирают в зависимости от толщины свариваемого металла по данным табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые диаметры электродной проволоки для сварки в углекислом газе

Толщина металла $S$ , мм	0,6...1,0	1,2...2,0	3,0...4,0	5,0...8,0	9,0...12,0	13,0...18,0
Диаметр электродной проволоки $D$ , мм	0,5...0,8	0,8...1,0	1,0...1,2	1,6...2,0	2,0	2,0...2,5

Сварочный ток рассчитывается по формуле:

$$J_{св} = j F_{эп}, \text{ А} \quad (1)$$

где  $j$  - плотность тока,  $\text{А}/\text{мм}^2$ ;  $F_{эп}$  - площадь поперечного сечения электродной проволоки,  $\text{мм}^2$ .

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле:

$$V_{п} = \frac{4\alpha_p \cdot J_{св}}{\pi D^2 \cdot \rho} \text{ мм/с}, \quad (2)$$

где  $\alpha_p$  - коэффициент расплавления электродной проволоки,  $\text{г}/\text{А}\cdot\text{с}$ ;  $J_{св}$  - сварочный ток,  $\text{А}$ ;  $D_э$  - диаметр электродной проволоки,  $\text{мм}$ ;  
 $\rho = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{мм}^3$  - плотность металла.

Величина коэффициента расплавления определяется из зависимости:

$$\alpha_p = \left( 8,3 + 0,22 \cdot \frac{J_{св}}{D} \right) \cdot 10^{-4}, \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{с}, \quad (3)$$

Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot J_{св}}{F_n \cdot \rho} \text{ мм/с},$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки,  $\text{г}/\text{А}\cdot\text{с}$ ;  $J_{св}$  - сварочный ток,  $\text{А}$ ;  $F_n$  - площадь поперечного сечения шва,  $\text{мм}^2$ .

Коэффициент наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p \left( 1 - \frac{\psi}{100} \right), \text{ г}/\text{А}. \quad (4)$$

где  $\psi = 7...15 \%$  - потери электродного металла на угар, испарение и

разбрызгивание.

Площадь поперечного сечения шва  $F_H$  приближенно считается равной площади равностороннего треугольника с углом раскрытия кромок  $60^\circ$ .

2. Напряжение дуги выбирается по табл. 2.

Таблица 2

Рекомендуемые значения напряжения дуги

Диаметр электродной проволоки $D_э, мм$	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Напряжение на дуге $U_д, В$	17...22	19...24	20...27	20...31	21...34	23...30

3. Вылет электрода (длину электродной проволоки между ее концом и выходом из мундштука горелки) рекомендуется выбирать в зависимости от диаметра электродной проволоки по табл. 3.

Таблица 3

Рекомендуемые значения вылета электродной проволоки в зависимости от ее диаметра

Диаметр электродной проволоки $D_э, мм$	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Вылет электрода $L_э, мм$	6...12	7...13	8...15	13...20	15...20	15...30

Расход углекислого газа определяется в зависимости от величины тока, скорости сварки, вылета электрода и в среднем находится в пределах  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $3 \cdot 10^{-4} м^3/с$ .

## 2. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы полуавтомата для сварки в углекислом газе.

2. Подобрать и рассчитать основные параметры полуавтоматической сварки в среде углекислого газа. Необходимые данные для расчета взять в табл. 4. согласно номеру варианта, заданного преподавателем.

- Подобрать диаметр электродной проволоки по данным табл. 1.
- Рассчитать сварочный ток по формуле (1).
- Определить величину коэффициента расплавления по формуле (3).
- Рассчитать скорость подачи электродной проволоки по формуле (2).

д) Определить коэффициент наплавки по формуле (5).

е) Определить скорость сварки по формуле (4).

ж) По табл. 2 выбрать напряжение дуги.

з) По табл. 3 выбрать величину вылета электродной проволоки.

Задание для расчета параметров режима полуавтоматической сварки в

углекислом газе

Таблица 4

Исходные параметры сварки	Номер варианта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Толщина металла $S$ , мм.	0,6	1,0	2,0	4,0	5,0	8,0	10,0	15,0
Плотность тока $j$ , $A/mm^2$	250	200	150	120	120	100	100	90

3 Результаты расчета занести в табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчета параметров режима полуавтоматической сварки в углекислом газе

Вариант	Диаметр электрода $D_э$ , мм	Сварочный ток $J$ , А	Скорость подачи проволоки $V_{п.п}$ , м/ч	Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч	Вылет электрода $L_э$ , мм	Напряжение на дуге $U_d$ , В

### 3. Содержание отчета

1. Название и цели работы.
2. Сущность сварки в среде углекислого газа.
3. Схема полуавтомата с описанием основных узлов.
4. Расчет режима сварки.
5. Результаты расчетов (табл. 5).

### 4. Контрольные вопросы

1. Сущность способа сварки в углекислом газе.
2. Преимущества и недостатки данного способа по сравнению с ручной дуговой сваркой.
3. Устройство и принцип работы полуавтомата.

## Лабораторное занятие №3

### Полуавтоматическая сварка под слоем флюса

**Цели работы:** изучить оборудование сварочного поста полуавтоматической сварки под слоем флюса. Освоить методику расчета режима полуавтоматической сварки под слоем флюса.

**Материалы для выполнения работы:** полуавтомат ПШ-5, сварочная проволока, пластины для наплавки.

### Литература

1. Малышев Б.Д. Сварка и резка в промышленном строительстве. Том 1 / Акулов А.И., Алексеев Е.К. и др.; Под ред. Малышева Б.Д. — В 2-х т. — 3-е изд., перераб. и доп., 780 с.

2. Петров Г.Л. Сварочные материалы PDF. Учебное пособие для вузов. - Л.: Машиностроение, 1972, - 280 с.

### 1. Общие сведения

Сварка под слоем флюса - самый старый способ механизированной дуговой сварки. Ее осуществляют автоматами или шланговыми полуавтоматами голой сплошной проволокой. Зону стыка перед дугой засыпают слоем флюса толщиной до нескольких сантиметров. Дуга горит под слоем флюса и не видна, поэтому процесс иногда называют сваркой закрытой дугой. Часть флюса плавится и образует шлак, защищающий жидкий металл от воздуха. Толщина слоя шлака значительно больше, чем при ручной сварке, поэтому качество защиты лучше.

По технологии изготовления флюсы подразделяют на плавленные и керамические. Плавленные флюсы получают расплавлением соответствующих шихт в электрических и пламенных печах и их последующей грануляцией. Они состоят из различных оксидов и плавикового шпата. Плавленные флюсы обеспечивают защиту сварочной ванны от воздуха, стабилизацию сварочной дуги и раскисление металла шва. Керамические флюсы представляют собой гранулированные смеси порошков на связке. Наряду с рудоминеральными веществами в них вводят ферросплавы, углеродистые и другие вещества. Это позволяет легировать металл шва и проводить металлургическую обработку расплавленного металла, улучшающую качество шва.

В качестве электродов для сварки под флюсом используют специальную сварочную проволоку. Сварочные проволоки для стали маркируют аналогично качественным и легированным сталям с буквами



«Св» впереди. Например: Св-08, Св-01 XI9Н9.

Схема установки и процесс полуавтоматической сварки горизонтального стыкового шва электродной проволокой под слоем флюса показаны на рисунках 1 и 2.

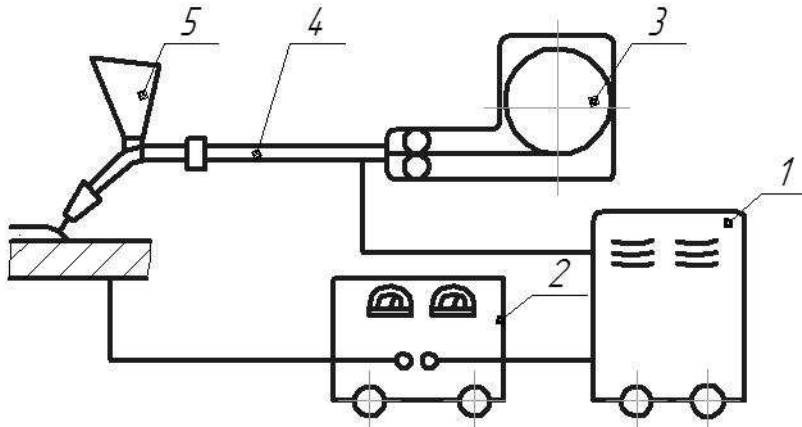


Рис. 1. Устройство полуавтомата для сварки под слоем флюса:  
1-трансформатор; 2 - пульт управления; 3 - подающий механизм; 4- шланг; 5 – электродержатель с бункером для флюса

Из рис. 2. видно, что под действием электрической дуги 1, горящей между электродной проволокой 2 и свариваемым изделием 3, флюс 4 частично расплавляется, образуя эластичную оболочку 5 в форме пузыря и ванну жидкого шлака 6 на поверхности расплавленного металла 7.

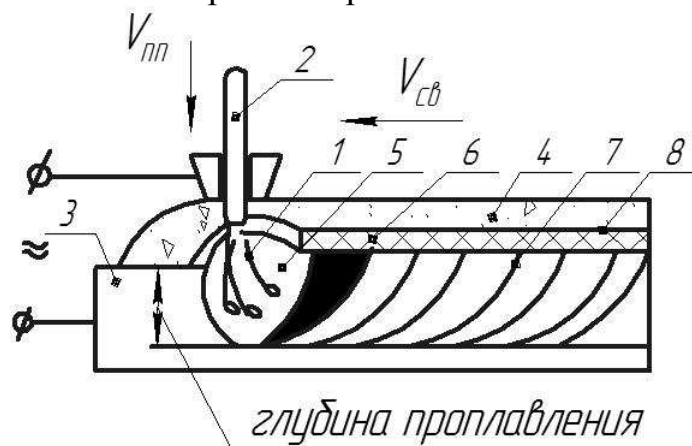


Рис. 2. Схема сварки под слоем флюса:  
1 - электрическая дуга; 2 - электродная проволока; 3 - свариваемое изделие;  
4 - флюс; 5 - оболочка; 6 - ванна жидкого шлака; 7 - расплавленный металл;  
8 - сварной шов

По мере перемещения дуги вдоль разделки шва наплавленный металл остывает и образует сварной шов 8. Жидкий шлак, имея более низкую температуру плавления, чем металл, затвердевает несколько позже, замедляя охлаждение металла шва.

Продолжительное пребывание металла шва в расплавленном состоянии и медленное остывание способствует выходу на поверхность всех неметаллических включений и газов, получению чистого, плотного и однородного по химическому составу металла шва.

Полуавтомат ПШ-5 представляет собой универсальный и высокоманевренный сварочный агрегат, работающий при постоянной скорости подачи электродной проволоки. Он может работать также при питании постоянным током от сварочного генератора.

## **2. Описание узлов сварочного полуавтомата**

Подающий механизм предназначен для подачи электродной проволоки через гибкий шланг к держателю.

Электродержатель имеет рукоятку, на которую крепится бункер для флюса с заслонкой, кнопочный выключатель и упор для направления держателя по свариваемому стыку. Одного бункера достаточно для шва 80...130 см.

Шкаф управления содержит контрольные приборы (амперметр, вольтметр) и устройства для включения и выключения системы управления.

Сварка под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой более экономична, обеспечивает более стабильное высокое качество соединений и высокую производительность (в 5...20 раз выше ручной дуговой сварки). Недостатками процесса являются: повышенная жидкотекучесть металла и флюса; невозможность наблюдения за процессом сварки; возможность сварки только в нижнем положении.

## **3. Расчет режима сварки под слоем флюса**

При полуавтоматической сварке под слоем флюса в режим входят: диаметр электродной проволоки, сварочный ток, напряжение на дуге, скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки.

Марку электродной проволоки, флюс назначают в зависимости от химического состава свариваемого металла. При сварке низкоуглеродистых сталей применяют флюсы марок АН-348А и ОСЦ-45 (ГОСТ 9087-81) и низкоуглеродистые проволоки марок СВ-08 и СВ-08 А (ГОСТ 2246-70).

Для сварки высоколегированных сталей используется проволока соответствующего состава, например, для сталей X18H10T -СВ04Х19Н9 или СВ- 06Х19Н10Т и флюсы марок АН-26, АНФ-16.

Устанавливают требуемую глубину проплавления  $h$ , мм. При односторонней сварке она равна толщине  $S$  металла  $h = S$ , а при двусторонней и угловой сварке  $h = 0,6S$ .

Выбирают ориентировочно сварочный ток из расчета 80...100 А на 1 мм глубины проплавления:  $J_{св} = (80...100) h, А$ . Назначают напряжение на дуге в диапазоне 30...40 В.

Далее определяют массу наплавленного на изделие металла. При расходе электродной проволоки следует учитывать потери на угар и разбрызгивание, которые составляют 2...5 % от веса наплавленного металла.

Диаметр электродной проволоки  $D_э$ , выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 1).

Таблица 1

Значения диаметра электродной проволоки в зависимости от толщины свариваемого металла

$S, мм$	0,8...1	1,2...2	2...3	3...5	6...8
$D_э, мм$	0,5...0,8	0,8...1	1,2...1,6	1,6...2	1,6...2

Коэффициент наплавки  $\alpha_n$  выбирают в зависимости от сварочного тока и диаметра электродной проволоки, что составляет в среднем 14...16 г/А·ч. Скорость сварки определяют из выражения:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot J_{св}}{F_{н.м} \cdot \gamma}, м/ч, \quad (1)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/А ч;  $\gamma$  - плотность металла, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\gamma = 7,85$  г/см<sup>3</sup>);  $F_{н.м}$  - площадь сечения наплавленного металла шва. При определении  $F_{н.м}$  за основу принимаются три размера: глубина провара -  $h$ , мм; ширина шва -  $L$ , мм и выпуклость шва -  $g$ , мм.

Эти величины определяются из коэффициента формы провара  $\psi_{np} = L/h$  коэффициента формы валика  $\psi_в = L/g$ . Опытным путем установлены величины этих коэффициентов. Они составляют  $\psi_{np} = 1,3...4$  и  $\psi_в = 5...8$ . Принимаем  $\psi_{np} = 3$  и  $\psi_в = 6$ . Тогда ширина шва составляет  $L = \psi_{np} h = 3h$ , мм, а выпуклость шва  $g = L/\psi_в = 3h/6 = h/2$ , мм.

Площадь наплавленного металла можно определить по опытной формуле  $F_{н.м} = 0,751q, мм^2$ , что в нашем случае составляет  $F_{н.м} = 0,75 \cdot 3h \cdot 1/2 h = 1,125 h^2, мм^2$ .

Зная площадь наплавленного металла, плотность и длину сварных швов, определяют массу наплавленного металла по формуле ( $G_{н.м} = F_{н.м} \cdot L \cdot \gamma$ ; где  $G_{н.м}$  - масса наплавленного металла, г;  $F_{н.м}$  - площадь наплавленного шва;  $L$  - длина сварных швов на изделии, см;  $\gamma$  - плотность металла, г/см<sup>3</sup>).

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле:

$$V_{пп} = \frac{\alpha_p \cdot J_{св}}{F_{эл.пр} \cdot \gamma}, м/ч, \quad (2)$$

где  $\alpha_p$  - коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·ч;  $J_{св}$  -

сварочный ток;  $F_{эл.пр}$  - площадь поперечного сечения электродной проволоки;  $\gamma$ - плотность металла.

Коэффициент расплавления электродной проволоки можно приближенно принять равным коэффициенту наплавки, т.е. 14...16 г/А·ч.

#### 4. Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы полуавтомата для сварки под флюсом. Зарисовать схему полуавтомата с описанием основных узлов.

2. Рассчитать режим сварки. Необходимые данные для расчета взять в табл. 2 согласно варианту, заданного преподавателем.

Таблица 2

Задание для расчета параметров режима сварки

№ варианта	1	2	3	4	5
Толщина металла $S$ ,	2,6	2,8	1,0	1,2	3,0
Материал	ВСт3	15ГС	15Г2С	12ХН	Сталь 10
№ варианта	6	7	8	9	10
Толщина металла $S$ ,	4,0	5,0	6,0	2,5	1,5
Материал	Сталь 15	Сталь	Сталь	X18Н1	X17Н2

3. Полученные результаты расчета занести в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета параметров режима сварки

Номер варианта	Диаметр электродной проволоки $D_э$ , мм	Сварочный ток $J_{св}$ , А	Напряжение дуги $U_д$ , В	Скорость подачи проволоки $V_{п.п}$ , м/ч	Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч

#### 5. Содержание отчета

1. Название и цели работы.
2. Сущность особенности и применение полуавтоматической сварки под слоем флюса.
3. Устройство и принцип работы полуавтомата ПШ-5.
4. Расчет параметров режима сварки (табл. 3).

#### 6. Контрольные вопросы

1. Сущность, особенности и применение полуавтоматической сварки под слоем флюса.
2. Устройство и принцип работы полуавтомата для сварки.
3. Преимущества и недостатки способа.

## Лабораторное занятие №4 Электроконтактная точечная сварка

**Цели работы:** изучить сварочное оборудование и технологию сварки; освоить расчёт режимов сварки и провести сварку деталей и установить зависимость качества от режимов сварки.

**Материалы для выполнения работы:** машина контактной точечной сварки МТ-601, ручной аппарат контактной сварки АКС-1, разрывная машина, штангенциркуль.

### Литература

1. Геворкян В.Г. Основы сварочного дела - М.: Высш. школа, 1985.- 168 с., ил.
2. Зорин Е. Е. Сварка. Введение в специальность / Е. Е. Зорин, Н. Г. Худой. – М.: Недра-бизнес, 2004. – 232 с.
3. Чернышов Г. Г. Сварочное дело. Сварка и резка металлов. – М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002. – 496 с.
4. Шебеко Л.П. Производственное обучение электро-газосварщиков - М.: Высш. школа, 1984.-167 с., ил.

### 1. Общие сведения

При электрической контактной сварке соединение образуется в результате нагрева металла в месте сварки электрическим током до расплавления и последующей кристаллизации с одновременным сжатием деталей. Поэтому контактная сварка относится к группе сварки давлением.

Место сварки оказывает омическое сопротивление прохождению электрического тока. Общее количество тепла, выделяемое в зоне сварочного контакта, зависит от силы тока  $I$  и времени  $t$  сварки:

$$Q = 0,24 I^2 R t, \text{ кал}, \quad (1)$$

где  $I$  – сварочный ток,  $A$ ;  $R$  – полное сопротивление сварочной цепи,  $Om$ ;  
 $t$  – время протекания тока,  $c$ .

Продолжительность точечной сварки мала. Чем больше сварочный ток и меньше продолжительность нагрева, тем меньше потери тепла в окружающую среду и общий расход энергии на сварку и поэтому выше КПД процесса.

Точечной сваркой выполняются нахлесточные соединения деталей, изготовленных чаще всего из листового проката. Применяется она для соединения деталей из малоуглеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей, алюминиевых и других сплавов. Особенно широкое распространение электроконтактная сварка получила при изготовлении

железобетонных изделий (плит перекрытия, балок, кладочных сеток и др.). По сравнению с электродуговой и газовой сваркой этот способ отличается более высокой производительностью, лучшим и стабильным качеством и более благоприятными условиями труда сварщиков.

## 2. Машина контактной сварки МТ-601

2.1. В качестве источника питания при контактной сварке (рис. 1) применяются обычно понижающие однофазные трансформаторы, которые во вторичной обмотке имеют один-шесть витков. Это позволяет производить сварку на малых напряжениях (до 10 В) и больших токах, достигающих десятков и сотен тысяч ампер.

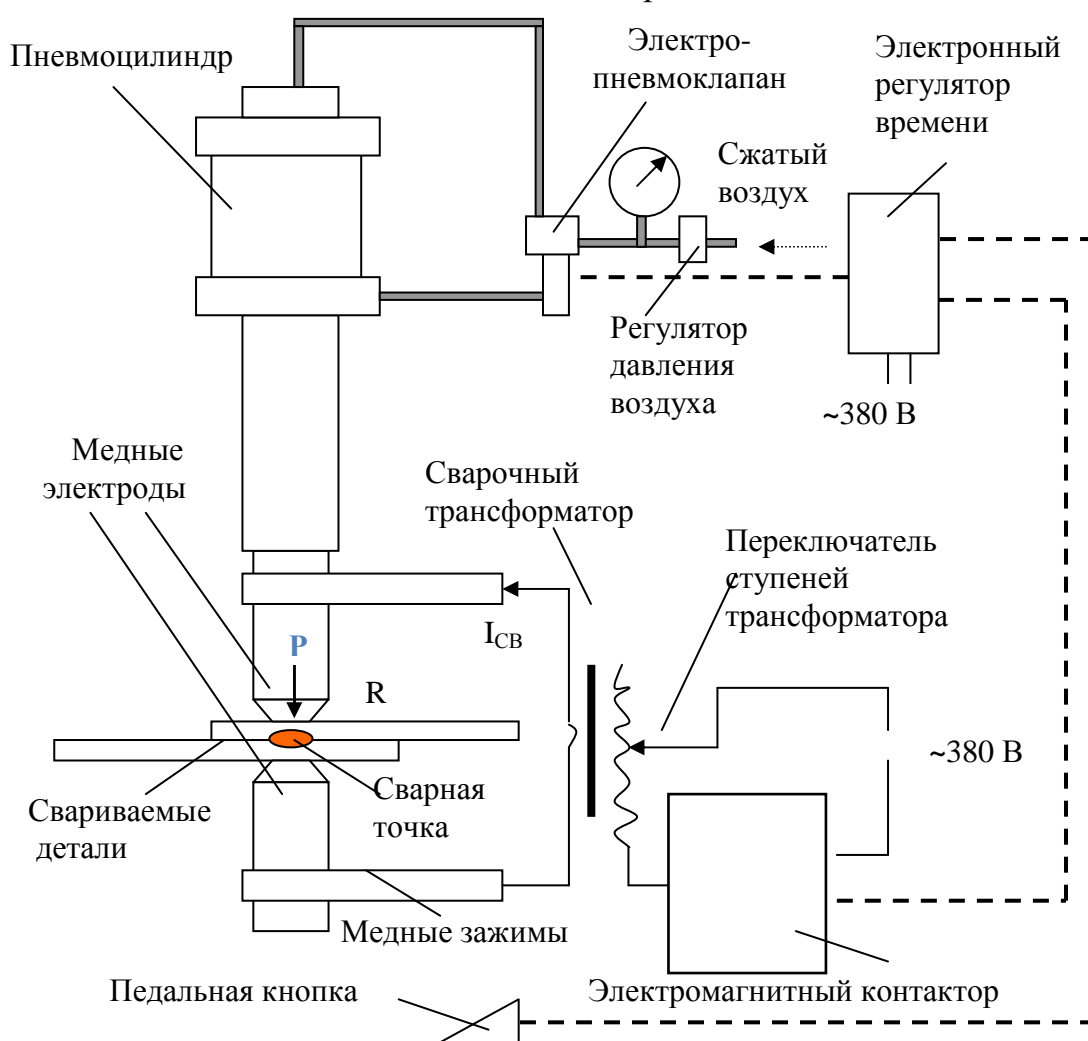


Рис.1. Принципиальная схема электроконтактной точечной сварки на машине МТ-601

Регулирование параметров сварки на таких трансформаторах осуществляют с помощью первичной обмотки, разделенной на несколько секций. Включением различного числа витков первичной обмотки в сеть

изменяют сварочный ток: чем меньше витков включено в сеть, тем выше вторичное напряжение и больше сварочный ток. Такая схема принципиально отличается от схемы, реализуемой в сварочных трансформаторах ручной электродуговой сварки.

Технические характеристики машины контактной сварки МТ-601:

- |                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| 1. Максимальная толщина свариваемых деталей | (2+2) мм. |
| 2. Напряжение сети                          | 380 В.    |
| 3. Потребляемая мощность                    | 14,3 кВт. |
| 4. Номинальный первичный ток                | 37,5 А.   |
| 5. Число ступеней регулирования силы тока   | 8.        |
| 6. Максимальный сварочный ток               | 12000 А.  |
| 7. Выдержка времени                         | 0...6 с.  |
| 8. Максимальное усилие сжатия               | 200 кгс.  |

Машина состоит из корпуса, в котором монтируются сварочный трансформатор, переключатель ступеней, электромагнитный контактор и другие устройства.

Первичная обмотка имеет отпайки, соединенные с переключателем ступеней. Изменением количества витков в первичной обмотке трансформатора, подключенных с помощью переключателя ступеней в сеть, можно регулировать вторичное напряжение от 1,25 до 2,5 В и, следовательно, изменять силу сварочного тока. Машина имеет восемь ступеней регулирования (табл. 1).

Таблица 1

Изменение напряжения сварочного тока в машине МТ – 601 положением ножей переключателей ступеней трансформатора

№ ступени	Положение переключателей			Напряжение во вторичной обмотке $U_{св}, В,$
	Первого	Второго	Третьего	
1	1	1	1	1,25
2	2			1,33
3	1	2		1,45
4	2			1,57
5	1	1	2	1,77
6	2			1,96
7	1	2		2,20
8	2			2,50

Вторичная обмотка трансформатора установки МТ-601 состоит из одного витка, связанного с верхней и нижней контактной частями гибкими медными шинами.

Электронный регулятор времени управляет последовательностью и длительностью срабатывания отдельных устройств машины в последовательности: опускание верхнего электрода и сжатие свариваемых

деталей, включение и выключение сварочного тока, выдержка деталей под давлением без тока и возвращение электрода в исходное положение.

В соответствии с технологией сварки регулятор выполняет четыре выдержки времени: сжатие, сварка, проковка и пауза. Длительность выдержек регулируют потенциометрами, рукоятки которых выведены на панель регулятора.

Нижняя контактная часть машины неподвижна. Перемещение верхней подвижной части осуществляется от штока нижнего поршня пневматического цилиндра, установленного на верхнем кронштейне.

Привод давления состоит из цилиндра, поршня со штоком и направляющей. Подачей воздуха через редуктор и дросселирующий клапан в верхнюю камеру цилиндра осуществляют сжатие деталей или подъем верхнего электрода соответственно.

После установки свариваемой детали на нижний электрод производят нажатие на педальную кнопку. При этом включается регулятор времени РВЭ-7, который подает напряжение на катушку электропневматического клапана и включает его на подачу воздуха в нижнюю камеру цилиндра привода давления. В результате опускания поршня свариваемые детали сжимаются между электродами. Через заданный промежуток времени регулятором РВЭ-7 замыкается цепь электромагнитного контактора и первичная обмотка трансформатора включается в сеть.

Реле РВЭ-7 после выключения трансформатора через некоторое заданное время снимает напряжение с катушки электропневмоклапана. В результате этого происходит переключение подачи воздуха, и поршень вместе с верхним электродом перемещается вверх, освобождая сжатые до этого момента сваренные детали.

Для того чтобы получить одну сварную точку, необходимо нажать и быстро отпустить педальную кнопку. Если держать ее нажатой, циклы сварки после паузы будут повторяться с указанной выше последовательностью.

Установка продолжительности элементов цикла сварки (сжатие, сварка, проковка) и паузы выполняется с помощью 4-х переключателей, имеющих шкалы с 15 отметками положения переключателя (0, 1, 2, ..., 15) и общего переключателя двух ступеней (I, II), которыми регулируется продолжительность цикла сварки (табл. 2).

Сила тока сварки изменяется с помощью трех переключателей (см. табл. 2), имеющих ступень выключения и две ступени включения (1, 2) тока.

### **3. Порядок выполнения работы (на машине МТ-601):**

1. Обосновать режим сварки деталей.



2. Произвести настройку машины на выбранный режим сварки
3. Очистить место сварки от ржавчины, грязи и смазки.
4. Включить охлаждающую воду и компрессор воздуха.
5. Установить детали между электродами.

Таблица 2

Величина выдержки элементов цикла сварки регулятором РВЭ-7

Деление шкалы	Время операций сжатия, проковки и выдержки, с	Время сварки для ступеней, с	
		I	II
0	0,04	0,04	0,23
1	0,06	0,06	0,44
2	0,10	0,10	0,75
3	0,15	0,15	1,07
4	0,22	0,22	1,32
5	0,28	0,28	1,58
6	0,36	0,36	1,98
7	0,43	0,43	2,37
8	0,51	0,51	2,68
9	0,59	0,59	3,10
10	0,67	0,67	3,47
11	0,78	0,78	4,02
12	0,90	0,90	4,47
13	1,02	1,02	5,04
14	1,15	1,15	5,80
15	1,40	1,40	6,75

6. Нажатием на педаль произвести сварку деталей.
7. Визуально оценить качество сварки.
8. Испытать образцы на разрыв.
9. На основе соответствующих проведенных опытов выявить влияние силы тока  $I_{св}$  (или напряжения  $U_{св}$ , В) и времени сварки  $t_{св}$  на усилие разрыва сваренных образцов.

Усилие сжатия свариваемых деталей электродами  $P_{сж}$  осуществляют с помощью редуктора давления. Машина МТ-601 оборудована (рис. 2) дополнительными приборами контроля и регулирования технологического процесса и регистрации параметров сварочного цикла на осциллографе.

В процессе сварки замеряется напряжение  $U_2$  во вторичной обмотке и сила тока  $I_1$  в первичной обмотке трансформатора, а визуально на экране осциллографа наблюдается цикл сварки: изменение силы тока  $I_2$  и давления сжатия  $P_{сж}$  деталей по времени, продолжительность элементов цикла  $t_{сж}$ ,  $t_{св}$ ,  $t_{пауз}$  сварки.

Силу тока сварки вычисляют по формуле:

$$I_2 = I_1 \frac{U_1}{U_2} = \frac{380 I_1}{U_2}, \text{ А} \quad (2)$$

где  $I_1$ ,  $U_1$ - сила тока и напряжение первичной обмотки,  $I_2$ ,  $U_2$ - сила тока и напряжение вторичной обмотки (380 В для МТ-601).

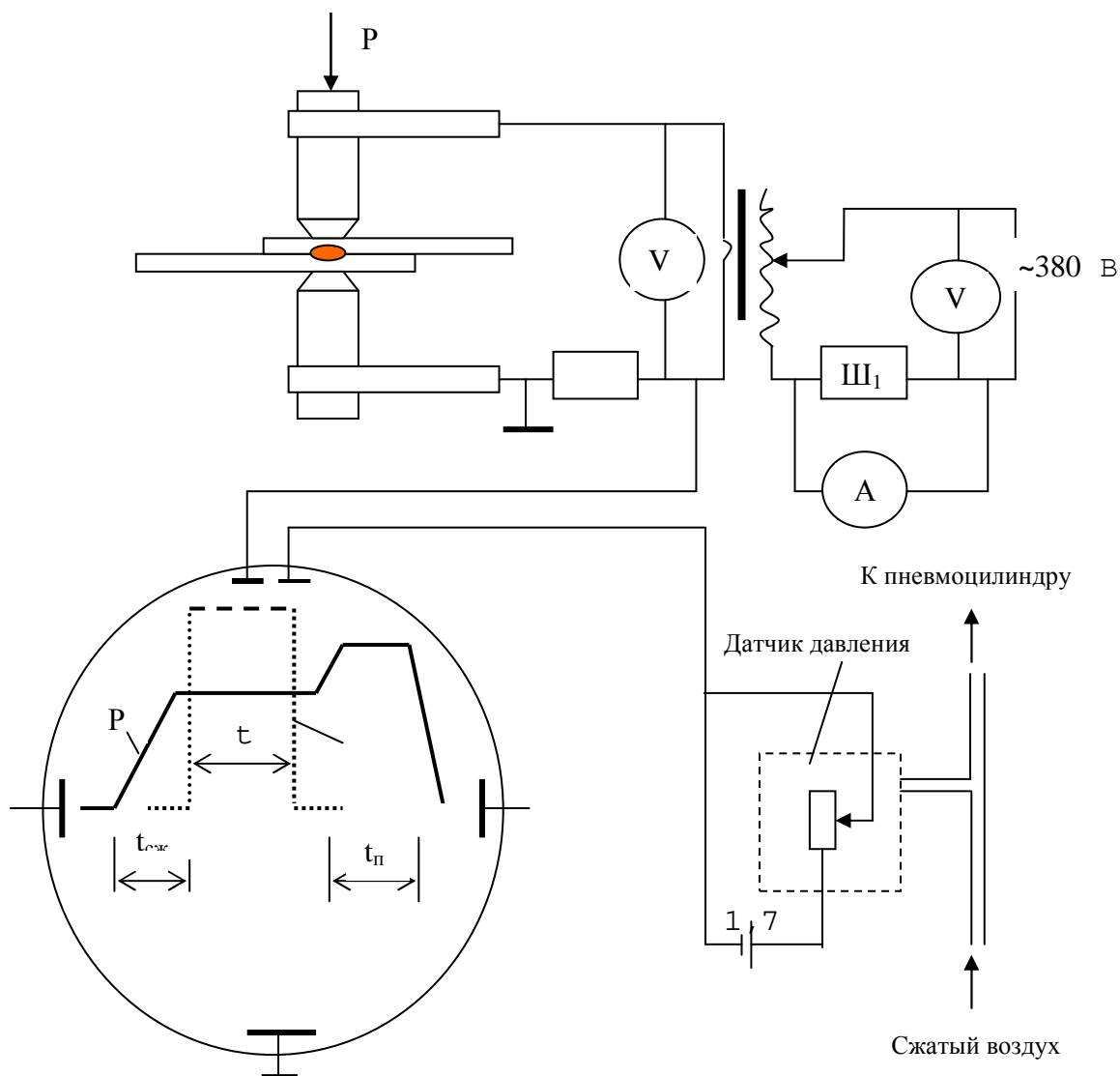


Рис. 2. Схема электроизмерений параметров электроконтактной сварки на машине МТ-601

#### 4. Расчет технологических параметров электроконтактной точечной сварки

Режим точечной сварки назначается в зависимости от типа и толщины свариваемого материала и включает в себя диаметр контактной поверхности электродов  $d_э$ , силу сварочного тока  $I_{св}$ , напряжение сварки  $U_{св}$ , усилие сжатия  $P_{сж}$ , продолжительность этапов сжатия  $t_{сж}$ , сварки  $t_{св}$  и проковки  $t_{пр}$ .

Точечную сварку малоуглеродистой стали осуществляют на «мягких» и «жестких» режимах. В массовом производстве точечная сварка

чаще всего производится на «жестких» режимах, которые характеризуются большой скоростью и маленькой продолжительностью нагрева и, следовательно, более высокой производительностью.

Размеры и структура металла сварной точки, определяющие прочность сварного соединения, зависят от размеров и формы контактной поверхности электродов, усилия их сжатия. При сварке низкоуглеродистых сталей используются электроды с плоской рабочей поверхностью, а высокоуглеродистые и легированные стали, медные и алюминиевые сплавы сваривают электродами со сферической поверхностью.

Диаметр контактной поверхности электрода принимается в зависимости от толщины свариваемых листов и качества материалов. В среднем для стали он принимается равным:

$$d_{\text{э}} = (1,5...2)S + 3, \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $d_{\text{э}}$  – диаметр контактной части электрода, мм;  $S$  – толщина свариваемых деталей, мм.

Величину сварочного тока можно определить по зависимости:

$$I_{\text{св}} = a F_{\text{э}}, \text{ А}, \quad (4)$$

где  $a$  – плотность тока,  $\text{А/мм}^2$ ;  $F_{\text{э}}$  – площадь контактной поверхности электрода,  $\text{мм}^2$ .

Плотность тока при сварке малоуглеродистой стали на «мягком» режиме принимается в пределах  $100...140 \text{ А/мм}^2$ , а на «жестком» режиме -  $200...400 \text{ А/мм}^2$ .

Длительность включения (от сотых долей секунды до нескольких секунд) сварочного трансформатора зависит от толщины металла, его химического состава, усилия сжатия и определяется по зависимости:

$$t_{\text{св}} = (0,1...0,25)S, \text{ с}. \quad (5)$$

Продолжительность сжатия деталей до включения сварочного тока возрастает с увеличением толщины металла и находится в пределах  $t_{\text{сж}} = 0,3...0,8 \text{ с}$ .

Длительность сжатия свариваемых деталей после выключения тока (проковка) оказывает влияние на качество сварной точки и лежит в интервале  $t_{\text{пр}} = 0,1...1,2 \text{ с}$ .

Детали должны оставаться сжатыми до завершения процесса застывания металла в ядре точки. Меньшие значения времени берутся для металла малой толщины.

Усилие сжатия  $P$  деталей между электродами возрастает с увеличением толщины свариваемых деталей и для точечных машин находится по формуле:

$$P = (110...120) S. \quad (6)$$

Режимы точечной сварки низколегированных и углеродистых сталей отличаются от режимов сварки малоуглеродистых сталей в основном повышением усилия сжатия электродов на  $15...30 \%$ .

Настройка машины на выбранный режим сварки заключается в установке ступени силы тока трансформатора, усилия сжатия деталей, длительности протекания сварочного тока, а также времени сжатия деталей между электродами до включения и после выключения сварочного тока. Кроме того, производится замена или доводка электродов до заданного размера контактной поверхности.

Степень трансформатора устанавливается путем перестановки ножей в переключателе ступеней. Усилие сжатия деталей  $P$  между электродами регулируется с помощью редуктора и манометра путем изменения давления воздуха  $P_v$ . С учетом диаметра цилиндра пневмоцилиндра получаем расчетную формулу обоснования давления воздуха:

$$P_v = 0,025P, \text{ кгс/см}^2. \quad (7)$$

Длительность протекания сварочного тока и остальные этапы сварки (сжатие, проковка, пауза) устанавливаются с помощью рукоятки потенциометров, выведенных на панель регулятора времени РВЭ – 7.

Если точечная сварка листов толщиной свыше 6 мм уже затруднена, то сварка стержней «вкрест» легко осуществима при диаметрах 30 мм и более. При толщине листа, равной диаметру стержня (12 мм), усилие на электродах и время сварки для листов приблизительно в 10 раз больше, чем для прутков (табл. 4), а ток увеличивается более чем в 2 раза.

Таблица 4

Основные параметры режима сварки стержней класса А-I

Диаметр стержня, мм	Усилие сжатия, кгс	Сварочный ток, А	
		минимальный	оптимальный
3	100	1700	4100
4	140	2000	4800
5	180	2460	5900
6	240	3080	7400
6	410	3850	9250
10	530	4900	11800
12	765	6000	14400

## 5. Влияния технологических параметров на качество сварки

При охлаждении металла по окончании сварки происходит затвердевание расплавленной зоны, ядро которой образует дендритную структуру литого металла. Кристаллизация металла сопровождается его усадкой, что при недостаточном давлении приводит к образованию усадочных раковин. Быстрое охлаждение металла ведет к образованию закалочных структур мартенсита и троостита, что сопровождается возрастанием твердости и возможным образованием трещин.

Качество выполнения сварных точек зависит от степени шунтирования тока, проявляющегося в его протекании вне зоны сварки через близкорасположенные швы, и от режима сварки. Под режимом сварки понимают выбор рабочего диаметра электродов, величины и длительности тока, усилия электродов на соединение. Прочность точечных соединений зависит от размеров шва, а последние зависят от режима сварки.

Причинами некачественной сварки могут быть отклонения в технологии сварки (табл. 5).

Таблица 5

Основные дефекты сварных швов при электроконтактной сварке и способы их устранения

№ п/п	Наименование дефекта	Возможные причины появления дефекта	Способ устранения
1	Непровар	Малая сила тока, плохо зачищенные электроды, ослаблены (окислены) контакты, мало время сварки	Разрушить соединение, зачистить и сварить снова
2	Выплеск жидкого металла	Велика сила тока, велико время сварки, неплотное прижатие при сварке	Зачистить от брызг
3	Чрезмерная вмятина под электродами, перегрев	Плохо зачищены электроды, велико давление, велико время сварки	Разрушить соединение, зачистить и сварить снова

Оценку контроля качества выполнения сварки следует проводить в следующей последовательности:

1. Визуальная оценка (наличие непроваров и вмятин, размеров сварного шва).

2. Определение прочности сварки на разрывной машине и оценка влияния силы тока (или напряжения) и продолжительности сварки на усилие разрыва.

3. Измерение размеров сварной точки (диаметра и площади) по сечению разрыва, визуальное определение наличия пор и трещин, визуальная оценка характера разрыва.

Результаты проведенного эксперимента необходимо включить в общие данные по другим группам и построить графические зависимости

влияния силы тока и (или) продолжительности сварки на прочность сварного шва и выявить их оптимальные значения ( $I_{cb}^{opt}$ ,  $U_{cb}^{opt}$ ,  $t_{cb}^{opt}$ ).

## 6. Содержание отчета

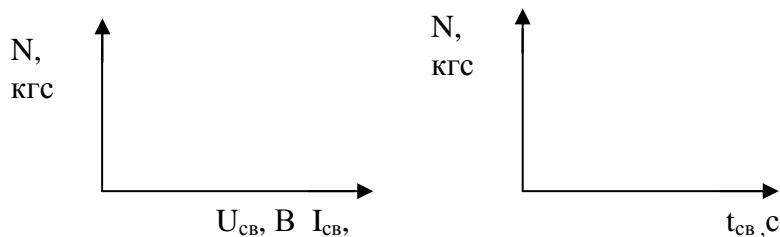
1. Расчет режима электроконтактной сварки деталей (по указанию преподавателя.):  $S =$  мм, материал \_\_\_\_\_,  $d_3 =$  мм, жесткость режима сварки \_\_\_\_\_,  $a =$  А/мм<sup>2</sup>,  $F_3 =$  мм<sup>2</sup>,  $I_{cb} =$  А, положения переключателей тока  $U_{cb} =$  В,  $t_{cb} =$  с,  $t_{сж} =$  с,  $t_{пр} =$  с,  $P =$ .....кгс.

Регулировочные параметры сварки: давление воздуха кгс/см<sup>2</sup>, положения переключателей продолжительности: ступени \_\_\_\_\_, сварки-сжатия - \_\_\_\_\_, проковки - \_\_\_\_\_, паузы - \_\_\_\_\_; положения переключателей напряжения: 1 - \_\_\_\_\_, 2 - \_\_\_\_\_, 3 - \_\_\_\_\_.

2. Результаты испытания пластин толщиной \_\_\_\_\_ мм, сваренных на машине МТ-601 по режиму ( $I_{cb} =$  А,  $t_{cb} =$  с,  $P_B =$  кгс/см<sup>2</sup>) на растяжение:  $P_M^{max} =$  кгс/см<sup>2</sup>,  $N =$  кгс; диаметр сварочного ядра \_\_\_\_\_ мм, площадь ядра \_\_\_\_\_ мм<sup>2</sup>.

3. Зависимость прочности сварки от режимов для деталей, изготовленных из стали \_\_\_\_\_ толщиной \_\_\_\_\_ мм.

Дата	Группа	$U_{cb}$ , В	$I_{cb}$ , А	$t_{cb}$ , с	$P_M^{max}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	N, кгс	$F_{с.я.}$ , мм <sup>2</sup>	N / $F_{с.я.}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Примечание



Рациональные значения силы тока ( $I_{cb}^{opt} =$  А), или напряжения ( $U_{cb}^{opt} =$  В) и времени сварки ( $t_{cb}^{opt} =$  с).

4. Результаты сварки сварочными клещами \_\_\_\_\_ деталей, изготовленных из материала \_\_\_\_\_ толщиной \_\_\_\_\_ мм.

Режим сварки:  $t_{cb} =$  с,  $I_{cb} =$  А.

Качество сварки \_\_\_\_\_

Работу выполнил \_\_\_\_\_

Методические указания к лабораторным занятиям  
по дисциплине **«Технология машиностроения, производство и  
ремонт подъемно-транспортных, строительных и дорожных  
машин»**  
для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02  
«Наземные транспортно-технологические комплексы»  
(Часть 1)

Составители:

*Габдуллин Талгат Ривгатович  
Махмутов Марат Мансурович*

Редакция Л.З. Ханафиева

Издательство КГАСУ

Подписано в печать 2016 г.  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. листов  
Печать Riso. Бумага тип № 1. Тираж 30 экз. Заказ

Печатно-множительный отдел КазГАСУ.  
420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.