

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Учебно-технологический практикум –
основы технологии сварочного производства»
(для факультетов Э, СМ, РК)**

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2012

УДК 621.791.

ББК

Р

Рецензенты: Б.Ф. Якушин, Р.А. Латыпов

Рабочая тетрадь по дисциплине «Учебно-технологический практикум – основы технологии сварочного производства» (для факультетов Э, СМ, РК) / П.А. Цирков, В.С. Дрижов, С.Н. Глазунов, В.Г. Вялков, Л.Д. Варламова.

--- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, -- 20, [2] с :ил.

Рабочая тетрадь содержит задания к практическим работам учебно-технологического практикума в сварочных мастерских и последовательность их выполнения. Тетрадь служит студентам для самостоятельного решения задач, связанных с выбором способа сварки, вида и типа оборудования, последовательности технологических операций.

Рабочая тетрадь предназначена для совместного использования с учебным пособием по сварочному производству.

Для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей технических вузов.

УДК 621.791
ББК

Учебное издание

Цирков Павел Александрович

Дрижов Виктор Сергеевич

Глазунов Сергей Николаевич

Вялков Вадим Геннадиевич

Варламова Любовь Дмитриевна

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Учебно-технологический практикум–
основы технологии сварочного производства
(для факультетов Э, СМ, РК)

СВАРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ

Сварка –

Физические основы получения неразъемного соединения с помощью сварки.

Физическая сущность процесса соединения при сварке заключается в образовании прочных связей между атомами расположенными на поверхности соединяемых заготовок, и как результат образование в этой зоне общей кристаллической решетки.

Прочные связи возникают при сближении атомов на расстояние равное расстоянию между атомами в кристаллической решетке $(0,2\div 0,6)\cdot 10^{-9}$ м = 2-6 Å (ангстрем). Сближению атомов на такое расстояние препятствуют расположенные на поверхности свариваемых заготовок:

–
–
–

При сварке необходимо исключить действие этих факторов, препятствующих сближению атомов на необходимое расстояние и сообщить атомам энергию для преодоления барьера схватывания (энергию активации).

В зависимости от формы энергии активации поверхностных атомов все способы сварки можно разделить на две группы: сварка **плавлением** и сварка **с применением давления**.

Сварка плавлением (физическая сущность) –

Сварка с применением давления (физическая сущность) –

ЧАСТЬ I СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ

При сварке плавлением могут применяться следующие концентрированные источники тепла:

--

Основные этапы формирования неразъемного монолитного соединения:

I.
II.

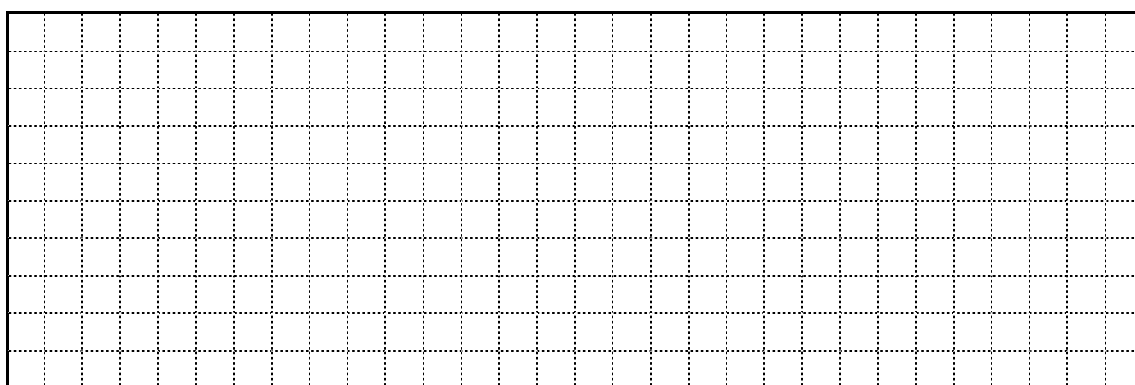


Рис. 1 Формирование сварного соединения

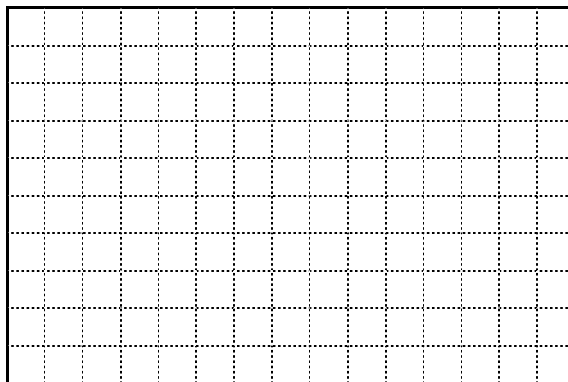
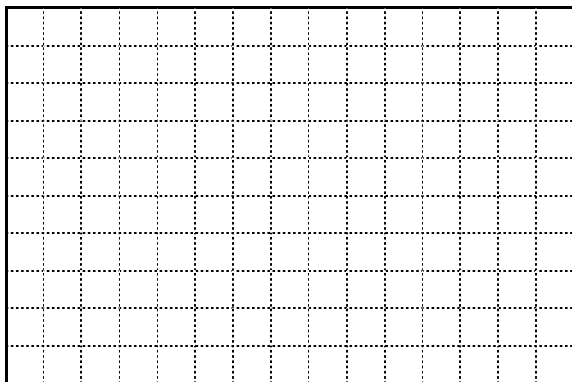
Наибольшее распространение из способов сварки плавлением получили дуговые способы, при которых в качестве источника теплоты используется электрическая дуга.

Дуговая сварка –

Классификация видов дуговой сварки по техническим признакам :

I.	по виду защитной среды: — — —
II.	по типу электрода: — —
III.	по степени механизации: — — —
IV.	по роду применяемого тока: — —

Термический цикл сварки –



а)

б)

Рис. 2 Термический цикл сварки для точек А и В (а) сварного соединения (б)

Сварочная дуга –

Температура столба дуги –

Температура на поверхности металла –

Параметры сварочной дуги:

где I –
 U –
 η –

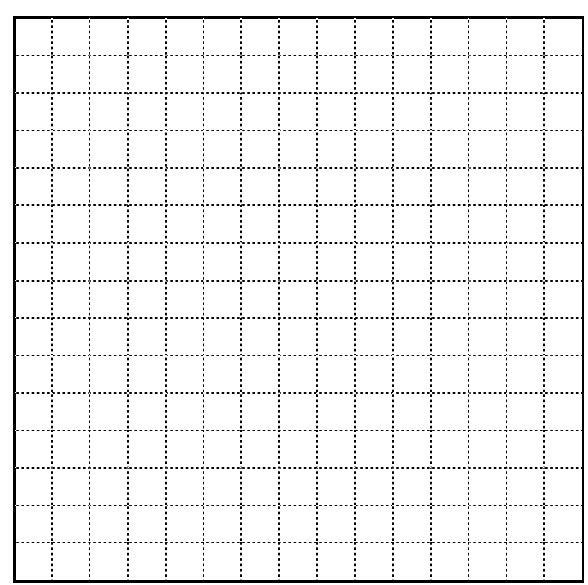
$Q =$, $q =$, Вт

I_1 –
 I_2 –
 L_{d1} –
 L_{d2} –

СУЩНОСТЬ РДС:

Процесс сварки начинается с образования дуги. Зажигание дуги осуществляется в три этапа:

- короткое замыкание электрода на заготовку;
- отвод электрода на 3-6 мм;
- возникновение устойчивого электрического разряда.



1 –
2 –
3 –
4 –
5 –

Рис. 1.3 Схема технологического процесса ручной дуговой сварки

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Сварочными (расходуемыми) материалами при ручной дуговой сварке являются:

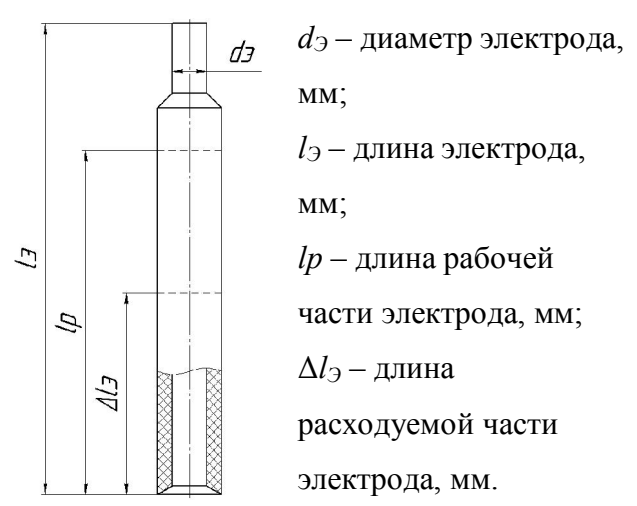
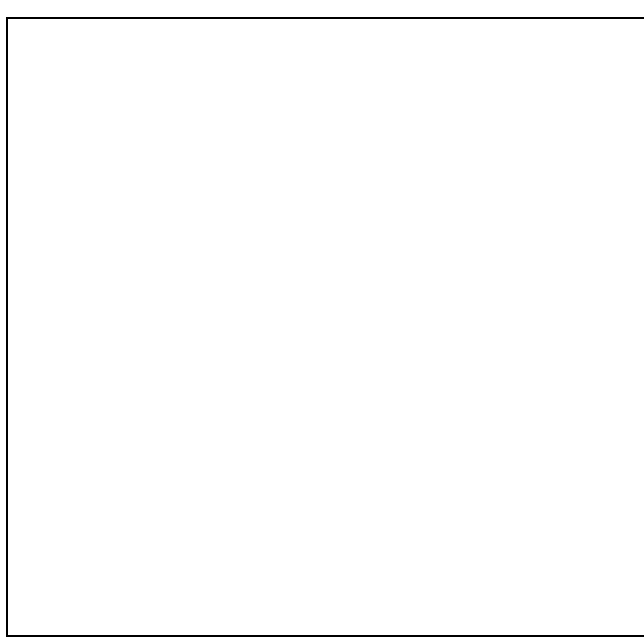


Рис. 1.4 Штучный электрод

Основные компоненты, входящие в состав покрытия электродов (наименование, химическая формула, назначение):

—
—
—
—
—
—

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РДС

Свариваемые материалы: как правило, свариваются стали различных марок, цветные металлы и их сплавы (например, медь, никель и др.).

Толщина свариваемых заготовок: обычно РДС сваривают материалы толщиной от 2 до 10 мм.

Пространственные положения при сварке:

Нижнее	Вертикальное
Горизонтальное	Потолочное

Рис. 1.5 Пространственные положения при сварке

Измерить диаметр и длину расходуемой части электрода за 20 сек при контрольной наплавке путем измерения линейной длины электрода до и после сварки при ручной дуговой наплавке.

Определить коэффициент расплавления по формуле

$$K_p = \frac{m_{\text{э}}}{I_{\text{св}} \cdot t_{\text{св}}^{\text{эксн}}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot \Delta l_{\text{э}}}{4 \cdot I_{\text{св}} \cdot t_{\text{св}}^{\text{эксн}}} = \quad , \text{ г/А}\cdot\text{ч}$$

где $m_{\text{э}} = S_{\text{э}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot \Delta l_{\text{э}} = \frac{1}{4} \pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot \Delta l_{\text{э}}$ – масса израсходованной части электрода, г;

$$S_{\text{э}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \text{ – площадь электрода, мм}^2$$

$\rho_{\text{ст}}$ – плотность стали, г/см³ ($\rho_{\text{ст}} = 7,8 \text{ г/см}^3$)

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;

$t_{\text{св}}^{\text{эксн}}$ – время сварки контрольного валика (эксперим.), ч;

и коэффициент наплавки с учетом потерь по формуле

$$K_H = K_p \cdot (1 - \psi) = \quad , \text{ г/А}\cdot\text{ч}$$

где ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание: при ручной дуговой сварке $\psi = 0,08$.

ЧАСТЬ II СВАРКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ

Физическая сущность получения соединения в способах сварки с применением давления заключается:

--

Виды сварки с применением давления:

--

Основные этапы формирования неразъемного соединения элементов:

I.
II.
III.

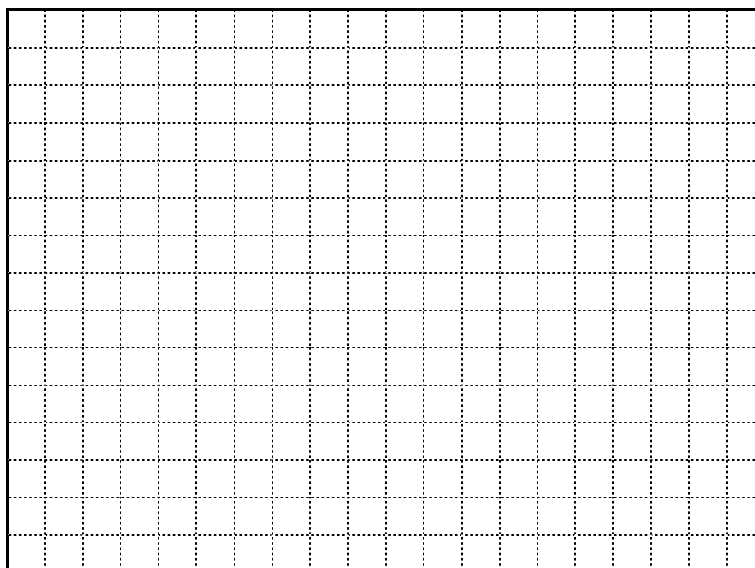


Рис.1 Этапы формирования неразъемного соединения

Контактная сварка –

--

Закон Джоуля – Ленца:

$$Q = \dots, \text{ Дж}$$

где

Оборудование для контактной сварки

Основные элементы машин для контактных способов сварки:

-	;
-	;
-	.

Характеристика источника тока машин для контактных способов сварки:

где	$K_T =$
-----	---------

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ

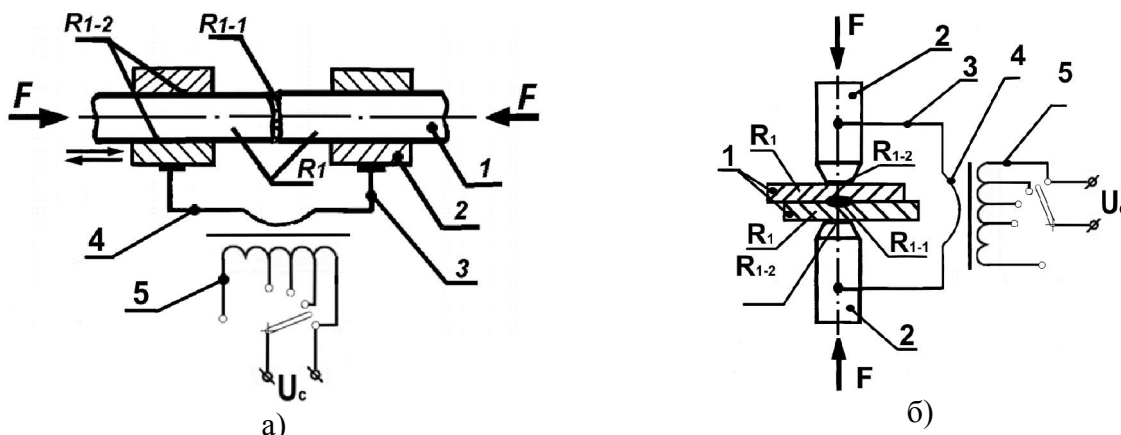


Рис. 2 – Схема контактной сварки заготовок

(а) встык – контактная стыковая сварка; (б) внахлестку – контактная точечная сварка

- | | | | |
|-------------|---|-----|---|
| 1 – | ; | 4 – | ; |
| 2 – | ; | 5 – | . |
| 3 – | ; | | |
| R_1 – | | | ; |
| R_2 – | | | ; |
| R_{1-1} – | | | ; |
| R_{1-2} – | | | . |

Суммарное сопротивление:

$R =$, Ом
-------	------

РАБОТА №4 «КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА»

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА:

Контактная стыковая сварка –

Виды контактной стыковой сварки:

**Контактная стыковая сварка
сопротивлением – КСС
Циклограмма процесса**

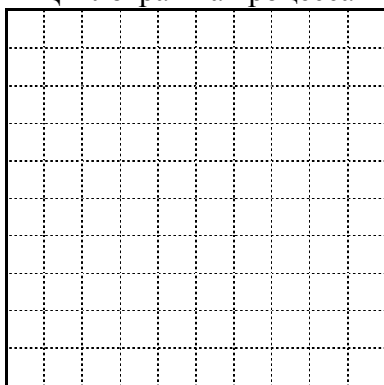


Рис. 4.1 Циклограмма процесса КСС

Последовательность операций

1.

2.

3.

4.

Свариваемые материалы и технологические возможности

**Контактная стыковая сварка
оплавлением – КСО
Циклограмма процесса**

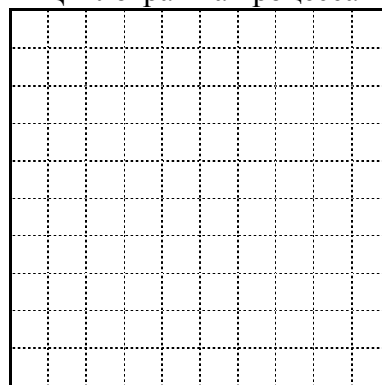


Рис. 4.2 Циклограмма процесса КСО

Последовательность операций

1.

2.

3.

4.

Свариваемые материалы и технологические возможности

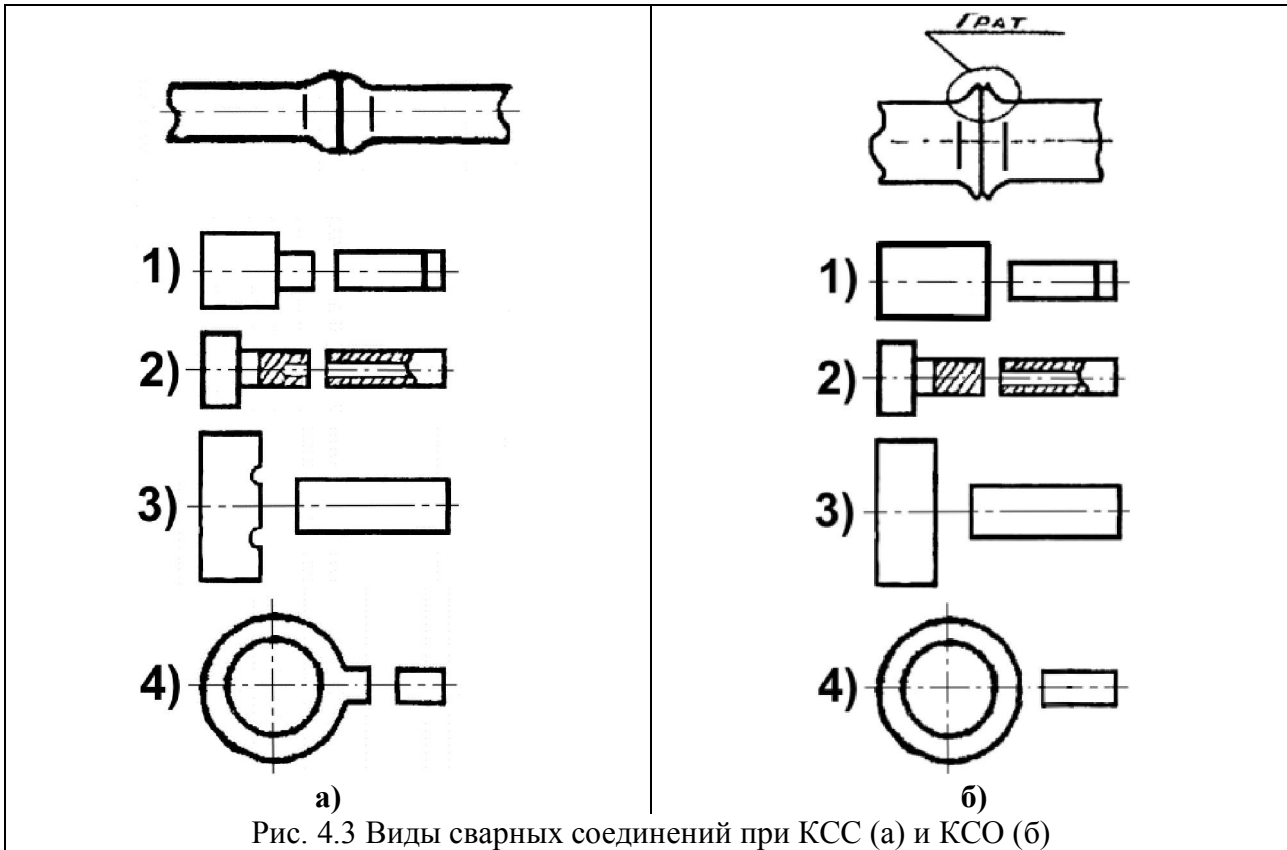


Рис. 4.3 Виды сварных соединений при КСС (а) и КСО (б)

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ

Контактная стыковая сварка выполняется на специализированных машинах. На рис.4.4 представлена схема машины для стыковой сварки МСР-25.

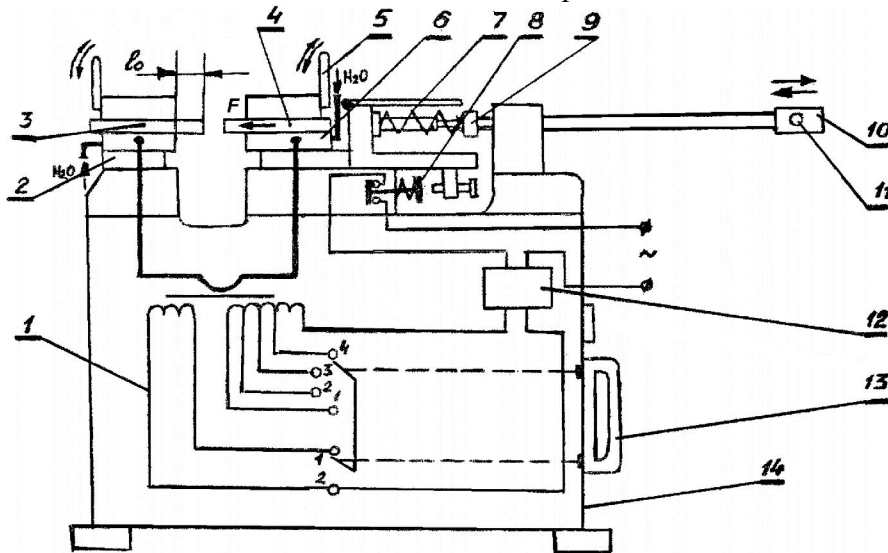


Рис.4.4

Основные части машин для контактной сварки:

- | | | | |
|-----|---|------|---|
| 1 – | ; | 8 – | ; |
| 2 – | ; | 9 – | ; |
| 3 – | ; | 10 – | ; |
| 4 – | ; | 11 – | ; |
| 5 – | ; | 12 – | ; |
| 6 – | ; | 13 – | ; |
| 7 – | ; | 14 – | ; |

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

В процессе практического занятия определить и занести в таблицу 4.1 параметры режима сварки.

Таблица 4.1

Материал заготовки	$d_{\text{заг}}$, мм	S , мм ²	I , А	$U_{\text{св}}$, В	t , с	l_0 , мм	$F_{\text{ос}}$, Н

$$U_{\text{св}} = U_2 = \quad , \text{ В};$$

$$S = \pi d_3^2 / 4 = \quad , \text{ мм}^2;$$

$$j = -1,6 \cdot S + 250 = \quad , \text{ А/мм}^2;$$

$$I = j \cdot S = \quad , \text{ А}.$$

Работу выполнил _____ Работу принял _____

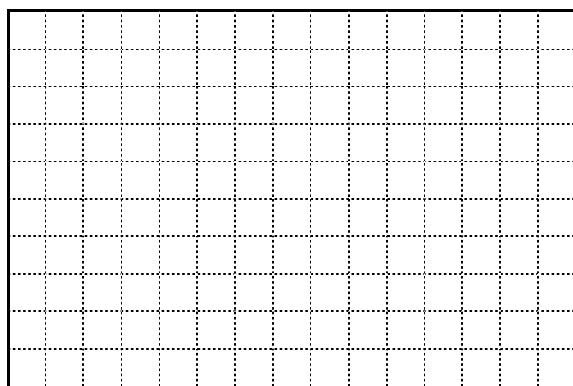
РАБОТА №5 «КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ И ШОВНАЯ СВАРКА»

Контактная точечная сварка (КТС) и контактная шовная сварка (КШС) являются самыми распространенными способами контактной сварки.

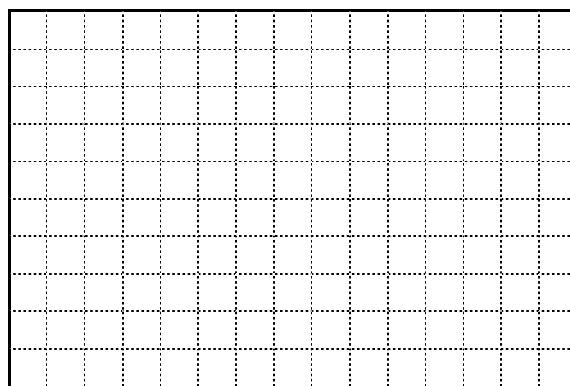
КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА

Контактная точечная сварка –

Виды контактной точечной сварки:



а)



б)

Рис. 5.1 Двусторонняя (а) и односторонняя (б) КТС

1 –
2 –
3 –

; 4 –
; 5 –
;

;
.

Циклограммы процесса КТС

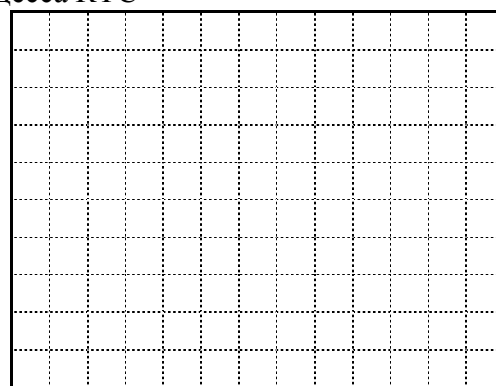
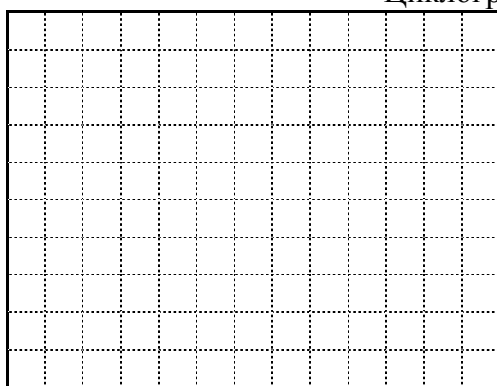


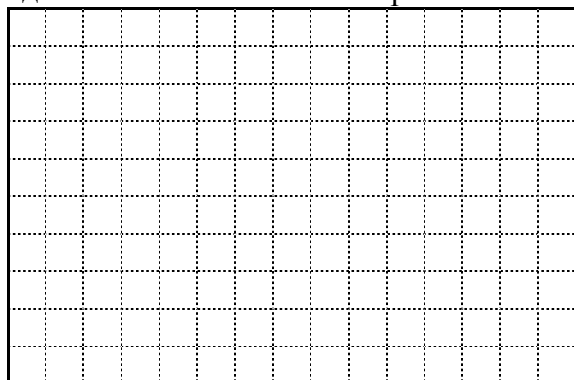
Рис. 5.2 Циклограммы процесса КТС

Свариваемые материалы и технологические возможности КТС

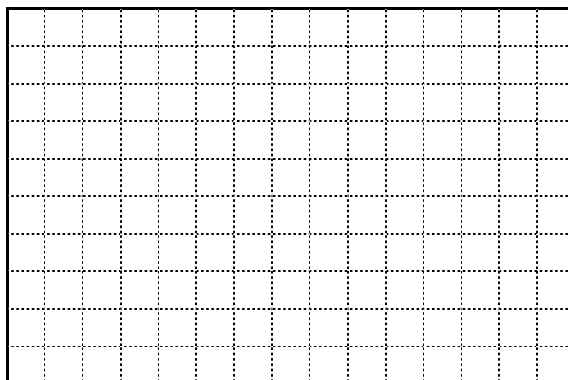
ШОВНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

Контактная шовная сварка –

Виды контактной шовной сварки:



а)



б)

Рис. 5.3 Двусторонняя (а) и односторонняя (б) КШС

1 –

; 4 –

;

2 –

; 5 –

.

3 –

;

Циклограммы процесса КШС

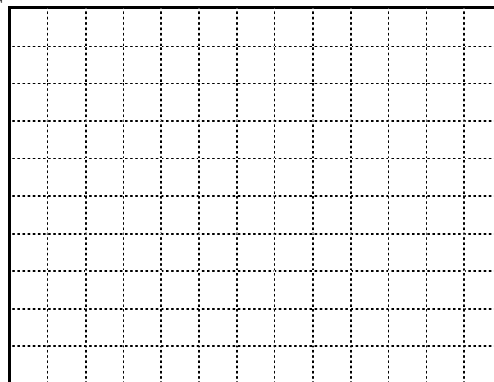
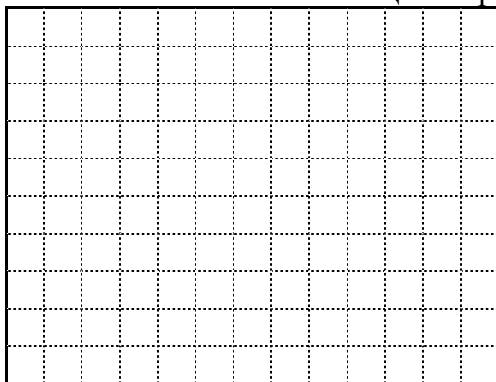


Рис. 5.4 Циклограммы процесса КШС

Свариваемые материалы и технологические возможности КШС

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ И ШОВНОЙ СВАРКИ

Контактная точечная сварка выполняется на специализированных машинах. На рис.5.5 представлена схема машины для контактной точечной сварки МТ – 601.

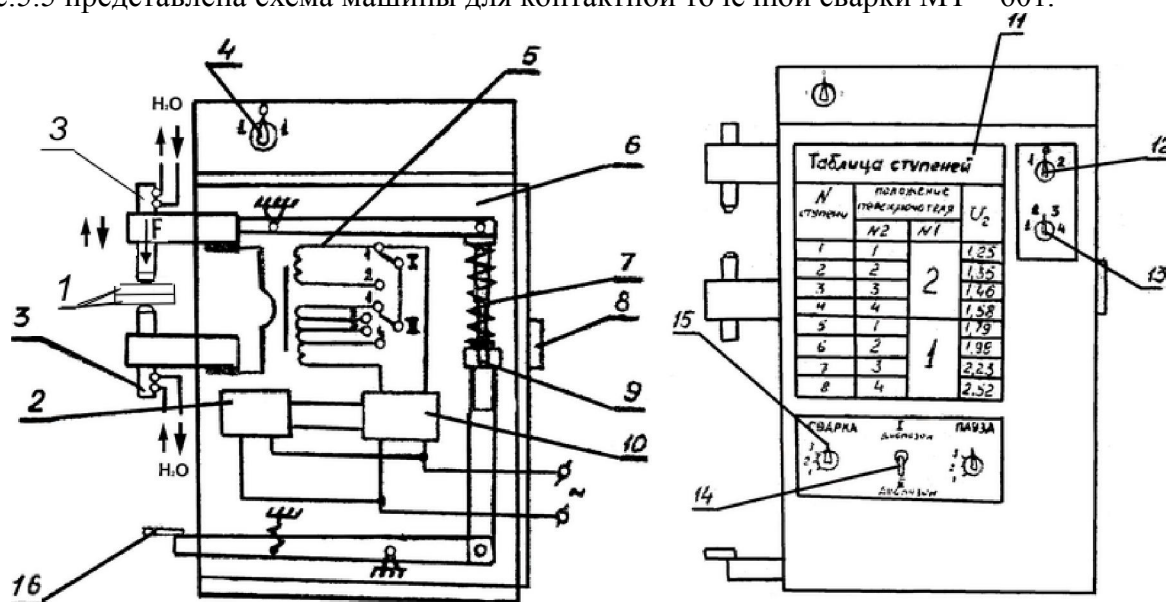
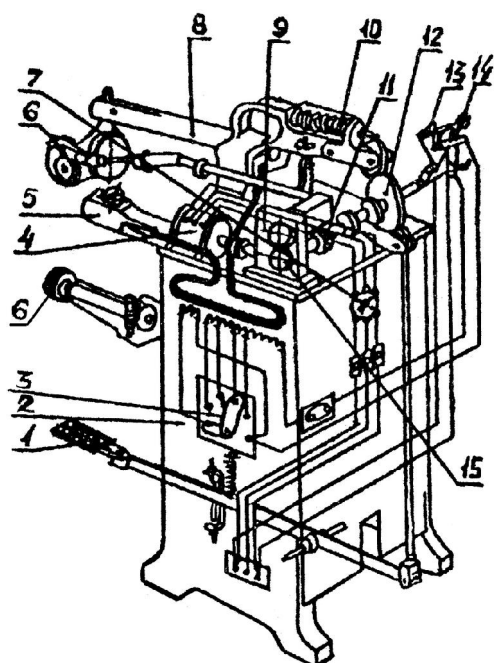


Рис.5.5 Схема машины для контактной точечной сварки МТ – 601.

Основные части машины КТС:

- | | | | |
|-----|---|------|---|
| 1 – | ; | 9 – | ; |
| 2 – | ; | 10 – | ; |
| 3 – | ; | 11 – | ; |
| 4 – | ; | 12 – | ; |
| 5 – | ; | 13 – | ; |
| 6 – | ; | 14 – | ; |
| 7 – | ; | 15 – | ; |
| 8 – | ; | 16 – | ; |

Контактная шовная сварка выполняется на специализированных машинах. На рис.5.6 представлена схема машины для контактной шовной сварки МШМ – 25М.



Основные части машины КШС:

- | | |
|------|---|
| 1 – | ; |
| 2 – | ; |
| 3 – | ; |
| 4 – | ; |
| 5 – | ; |
| 6 – | ; |
| 7 – | ; |
| 8 – | ; |
| 9 – | ; |
| 10 – | ; |
| 11 – | ; |
| 12 – | ; |
| 13 – | ; |
| 14 – | ; |
| 15 – | ; |

Рис.5.6 Схема машины для контактной шовной сварки МШМ – 25М.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

В процессе практического занятия определить и занести в таблицы 5.1 и 5.2 параметры режима сварки.

Таблица 5.1

Режимы КТС

№ эксперимента	Материал заготовки	δ , мм	d_T , мм	S , мм ²	I , А	U_{CB} , В	t , с	F_{oc} , Н

Расчет параметров КТС:

$$U_{CB} = U_2 = \quad , \text{ В};$$

$$d_T = 2 \cdot \delta + 3 = \quad , \text{ мм}$$

(для низколегированных сталей толщиной до 3 мм);

$$S = \pi \cdot d_T^2 / 4 = \quad , \text{ мм}^2;$$

$$j = -250 \cdot \delta + 950 = \quad , \text{ А/мм}^2;$$

$$I = j \cdot S = \quad , \text{ А};$$

$$F_{oc} = 25.5 - 3.5 \cdot \delta = \quad , \text{ МПа.}$$

Таблица 5.2

Режимы КШС

№ эксперимента	Материал заготовки	δ , мм	$h_{ш}$, мм	S , мм ²	I , А	U_{CB} , В	V , м/ч	F_{oc} , Н

Расчет параметров КШС:

$$U_{CB} = U_2 = \quad , \text{ В};$$

$$h_{ш} = 2 \cdot \delta + 3 = \quad , \text{ мм}$$

(для низколегированных сталей толщиной до 3 мм);

$$S = \pi \cdot h^2 / 4 = \quad , \text{ мм}^2;$$

$$j = -385 \cdot \delta + 1425 = \quad , \text{ А/мм}^2;$$

$$I = j \cdot S = \quad , \text{ А};$$

$$F_{oc} = 25.5 - 3.5 \cdot \delta = \quad , \text{ МПа.}$$

Работу выполнил _____ Работу принял _____

СОДЕРЖАНИЕ

СВАРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ	3
ЧАСТЬ I СВАРКА ПЛАВЛЕНИЕМ	4
РАБОТА №1 «РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА».....	6
ЧАСТЬ II СВАРКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ.....	11
РАБОТА №4 «КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА».....	13
РАБОТА №5 «КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ И ШОВНАЯ СВАРКА».....	16

* - Номера работ указаны согласно номерам, указанным в методических пособиях