

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Учебно-технологический практикум –
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
сварочного производства»

Москва

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

2012

УДК 621.791
ББК 30.61
Р13

Рецензенты:

А.В. Коновалов, Б.Ф. Якушин, Р.А. Латыпов

Р 13 Рабочая тетрадь по дисциплине «Учебно-технологический практикум – основы технологии сварочного производства» / П.А. Цирков, С.Н. Глазунов, В.С. Дрижов и др. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 21, [3] 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 «Учебно-технологический практикум по сварочному производству» (М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994; Ч. 1, 2, 2007).

Для студентов, обучающихся по программам подготовки бакалавров и специалистов на факультетах «Энергомашиностроение», «Специальное машиностроение», «Робототехника и комплексная автоматизация» и выполняющих практические работы по дисциплине «Учебно-технологический практикум» в лаборатории «Сварочное производство».

Рекомендовано учебно-методической комиссией НУК МТ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

УДК 621.791
ББК 30.61

СВАРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ

Сварка –

Физические основы получения неразъемного соединения с помощью сварки

Физическая сущность процесса соединения заготовок при сварке заключается в образовании прочных связей между атомами соединяемых поверхностей и, как результат, в образовании в зоне сварки общей кристаллической решетки.

Прочные связи возникают при сближении атомов на расстояние, равное расстоянию между атомами в кристаллической решетке, т. е. $(0,2...0,6) \cdot 10^{-9}$ м или $2...6 \text{ \AA}$ (ангстрем). Сближению атомов на такое расстояние препятствуют следующие факторы:

–
–
–

При сварке необходимо исключить действие этих факторов и сообщить атомам энергию для преодоления барьера схватывания (энергию активации).

В зависимости от формы энергии активации поверхностных атомов все способы сварки можно подразделить 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 теплоты:

--

Основные этапы формирования неразъемного монолитного соединения:

I.
II.

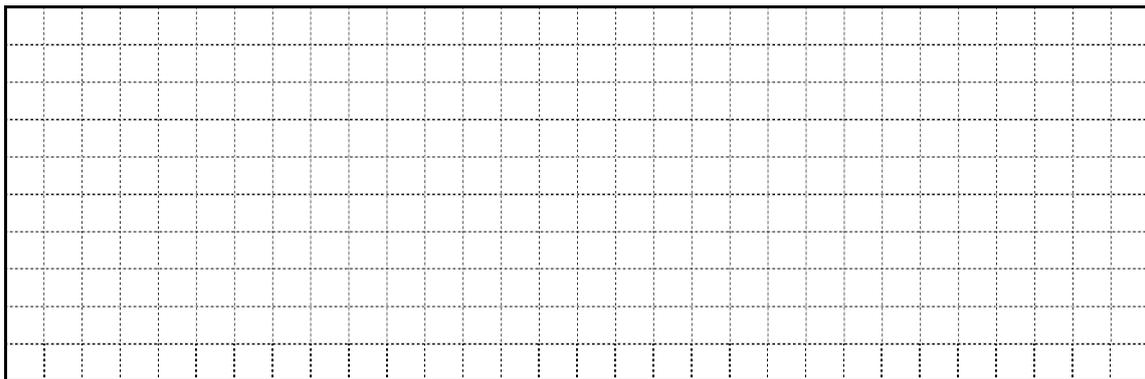


Рис. I.1. Формирование сварного соединения

Наибольшее распространение среди 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:

—

—

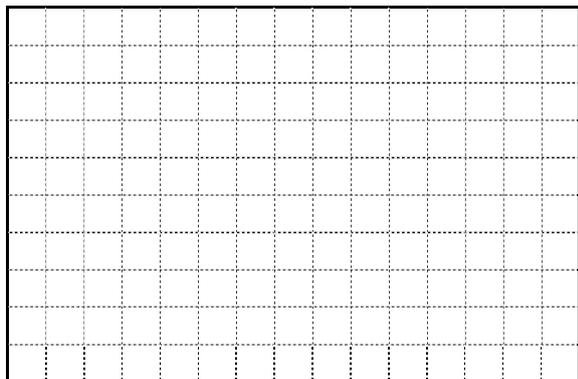
—

IV. По роду применяемого тока:

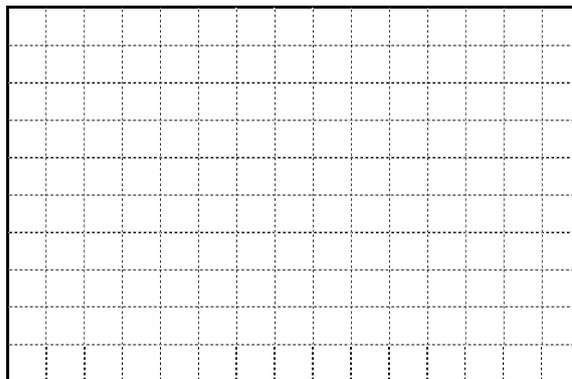
—

—

Термический цикл сварки —



a



б

Рис. I.2. Термический цикл сварки для точек *A* и *B* (*a*) сварного соединения (*б*)

Сварочная дуга —

Температура столба дуги —

Температура на поверхности металла —

Параметры сварочной дуги:

$Q =$

Вт;

$q =$

Вт,

где Q —

q —

I —

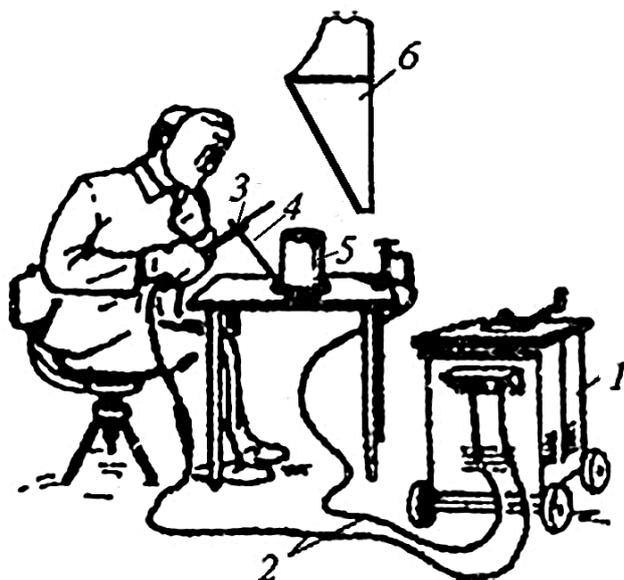
U —

η —

Работа № 1. Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварка (РДС) —

Оборудование для ручной дуговой сварки



Оборудование сварочного поста:

- 1 — источник тока;
- 2 — сварочные кабели;
- 3 — электрододержатель;
- 4 — штучный электрод для РДС;
- 5 — свариваемое изделие;
- 6 — вентиляция

Рис. 1.1. Схема сварочного поста

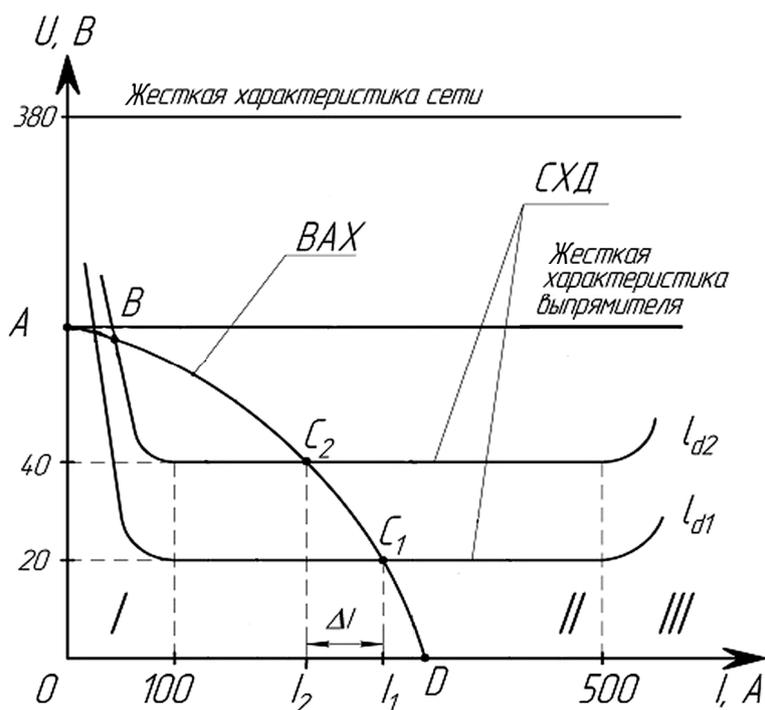


Рис. 1.2. Характеристики сварочного процесса

ВАХ —

СХД —

Точка *A* —

Точка *B* —

Точка *C* —

Точка *D* —

I_1 —

I_2 —

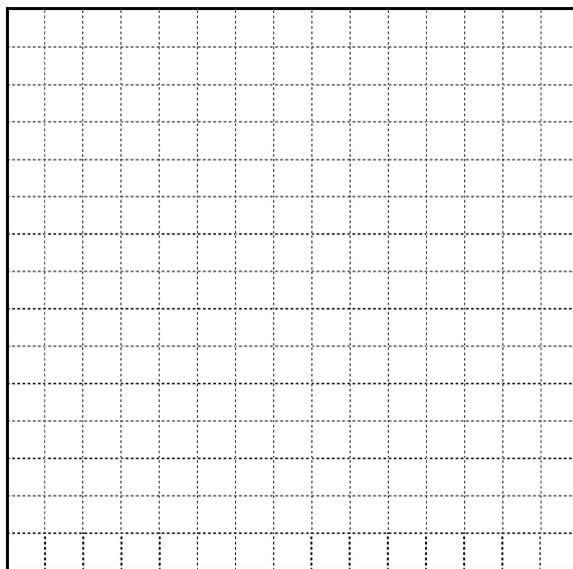
l_{d1} —

l_{d2} —

Сущность ручной дуговой сварки

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

- 1) короткое замыкание электрода на заготовку;
- 2) отвод электрода на 3...6 мм;
- 3) 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:

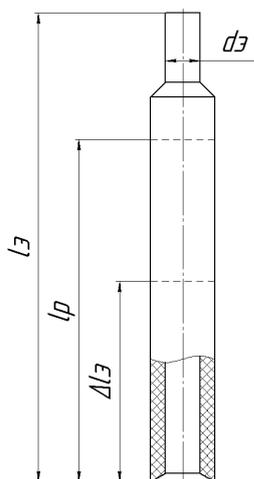


Рис. 1.4. Схема штучного электрода:

$d_э$ — диаметр электрода, мм;

$l_э$ — длина электрода, мм;

$l_р$ — длина рабочей части электрода, мм;

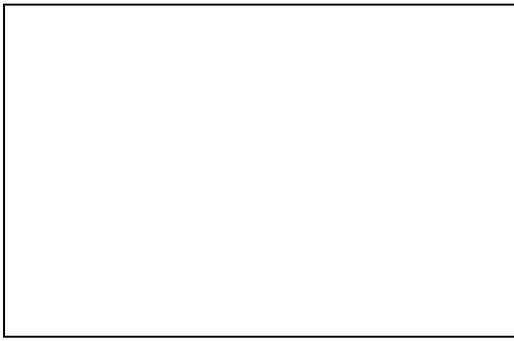
$\Delta l_э$ — длина расходуемой части электрода, мм

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

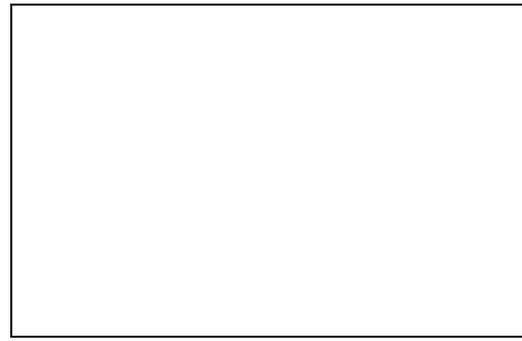
—
—
—
—
—
—

Технологические возможности ручной дуговой сварки

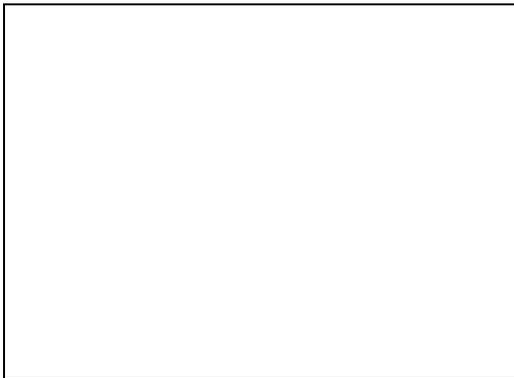
<p>Свариваемые материалы: как правило, сваривают стали различных марок, цветные металлы и их сплавы (например, медь, никель и др.).</p>
<p>Толщина свариваемых заготовок: обычно с помощью РДС сваривают материалы толщиной 2...10 мм.</p>



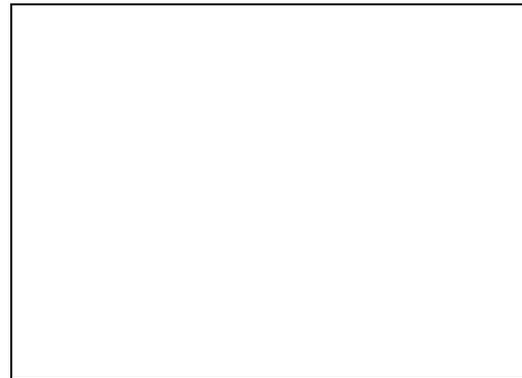
а) нижнее



б) вертикальное



в) горизонтальное



г) потолочное

Рис. 1.5. Пространственные положения при сварке

Определение режима ручной дуговой сварки

Сила сварочного тока:
Достоинства способа:
Недостатки способа:
Область применения:

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Нанесение слоя металла на поверхность заготовки с помощью ручной дуговой сварки

В процессе практического занятия определить параметры режима сварки и занести их в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Марка электрода	d_3 , мм	$I_{св}$, А	$U_{св}$, В	Δl_3 , мм	$t_{св}^{эксп}$, ч	K_p , г/(А·ч)	K_n , г/(А·ч)

Измерить диаметр d_3 и длину l_3 расходуемой части электрода при контрольной наплавке путем измерения линейной длины электрода до и после сварки при ручной дуговой наплавке.

А. Определить коэффициент расплавления по формуле

$$K_p = \frac{m_3}{I_{св} t_{св}^{эксп}} = \frac{\pi d_3^2 \rho_{ст} \Delta l_3}{4 I_{св} t_{св}^{эксп}} \quad \text{г/(А·ч)},$$

где $m_3 = S_3 \rho_{ст} \Delta l_3 = \frac{1}{4} \pi d_3^2 \rho_{ст} \Delta l_3$ — масса израсходованной части электрода, г;

$$S_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} \quad \text{— площадь электрода, мм}^2;$$

$\rho_{ст}$ — плотность стали, г/см³ ($\rho_{ст} = 7,8$ г/см³);

$I_{св}$ — сила сварочного тока, А;

$t_{св}^{эксп}$ — время сварки контрольного валика (экспериментальное), ч.

Б. Определить коэффициент наплавки с учетом потерь по формуле

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

где ψ — коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание (при РДС $\psi = 0,08$).

Работу выполнил _____ Работу принял _____

ЧАСТЬ II

СВАРКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ

Физическая сущность получения соединения сваркой с применением давления заключается в следующем:

--

Виды сварки с применением давления:

--

Основные этапы формирования неразъемного соединения элементов:

I.
II.
III.

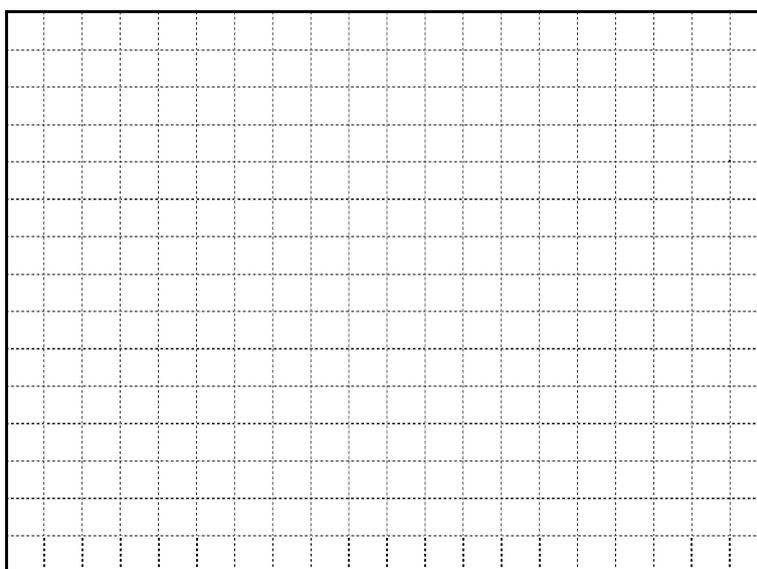


Рис. II.1. Основные этапы формирования неразъемного соединения

Контактная сварка —

Закон Джоуля — Ленца:

$$Q = I^2 R t \quad \text{Дж,}$$

где

Оборудование для контактной сварки

Основные элементы машин для контактных способов сварки:

-
-
-

Характеристика источника тока машин для контактных способов сварки:

$$K_T = \frac{U_c}{U_{sc}} \quad ,$$

где

Физические основы формирования сварного соединения при контактной сварке

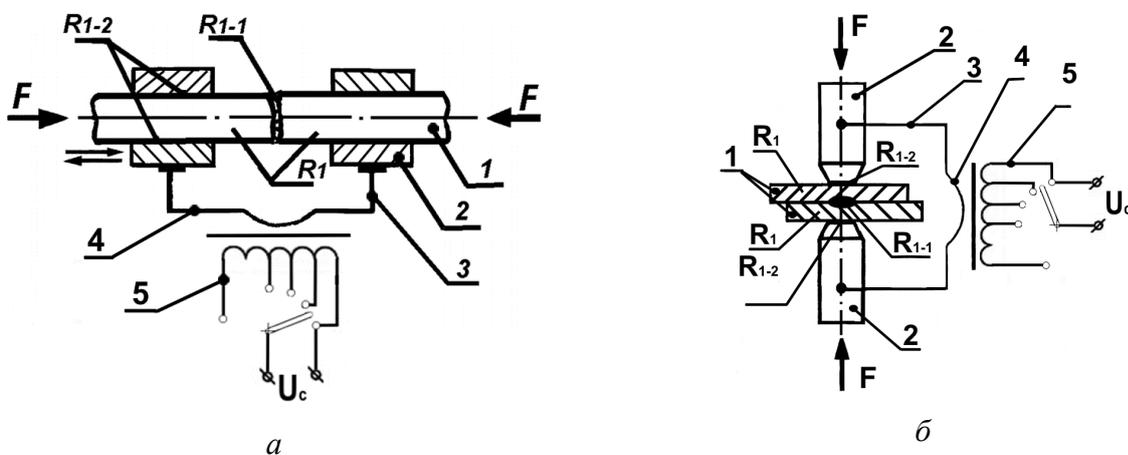


Рис. П.2. Схема контактной сварки заготовок:

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

1 —

4 —

R_1 —

2 —

5 —

R_2 —

3 —

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)

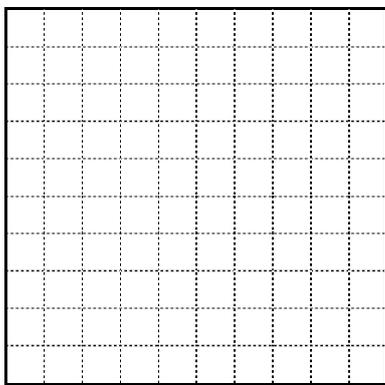


Рис. 4.1. Циклограмма процесса КСС

Последовательность операций:

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

Свариваемые материалы и технологические
возможности:

Контактная стыковая сварка
оплавлением (КСО)

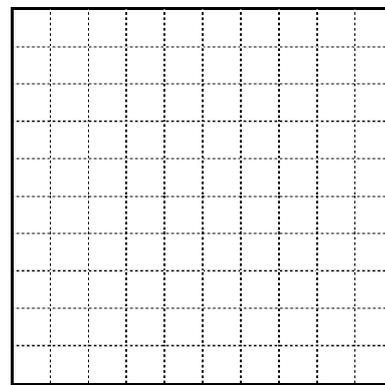


Рис. 4.2. Циклограмма процесса КСО

Последовательность операций:

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

Свариваемые материалы и технологические
возможности:

* Номера работ соответствуют номерам, указанным в методических пособиях.

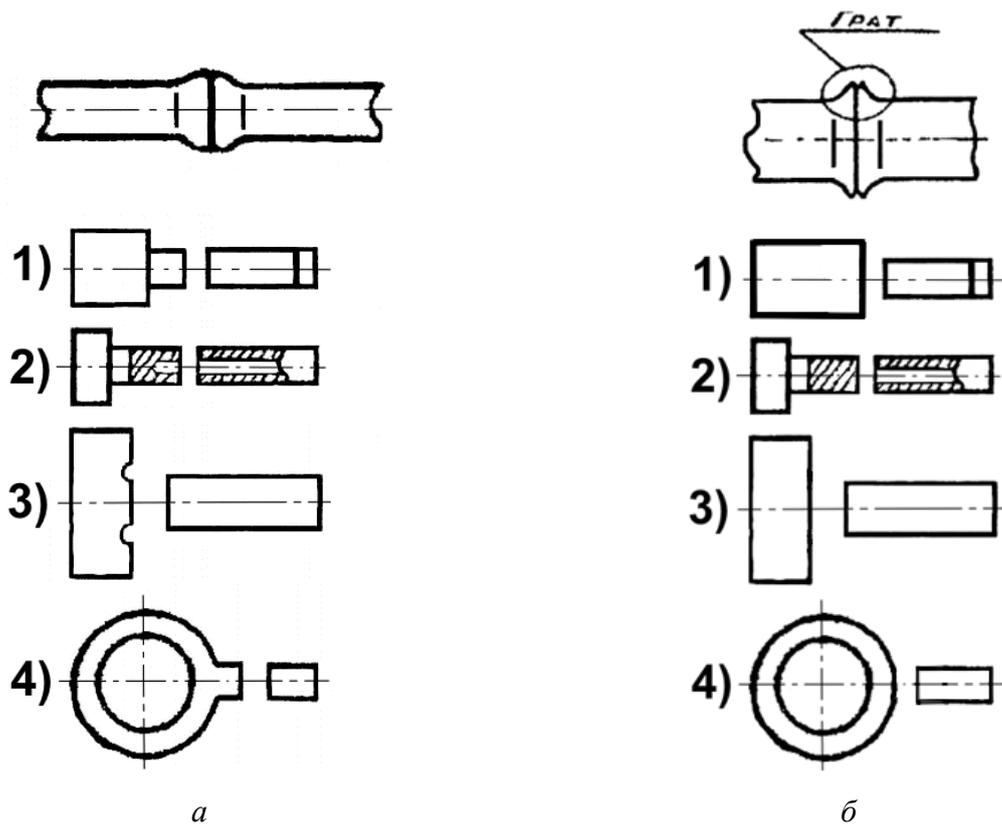


Рис. 4.3. Виды сварных соединений при КСС (а) и КСО (б)

Оборудование для контактной стыковой сварки

Контактная стыковая сварка выполняется на специализированных машинах.

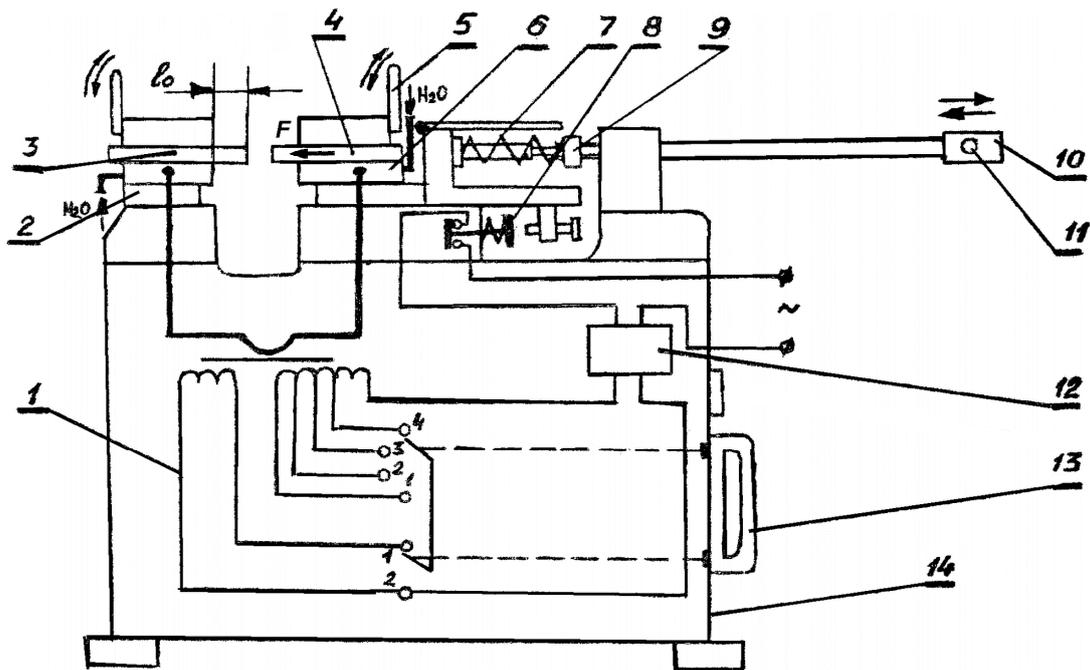


Рис. 4.4. Схема машины МСР-25 для контактной стыковой сварки

Основные части машины МСР-25 для контактной стыковой 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 табл. 4.1 параметры режима сварки.

Таблица 4.1

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

$U_{\text{св}} = U_2 =$ _____ В;

$S = \pi d_{\text{заг}}^2 / 4 =$ _____ мм²;

$j = -1,6S + 250 =$ _____ А/мм²;

$I = jS =$ _____ А.

Работу выполнил _____ Работу принял _____

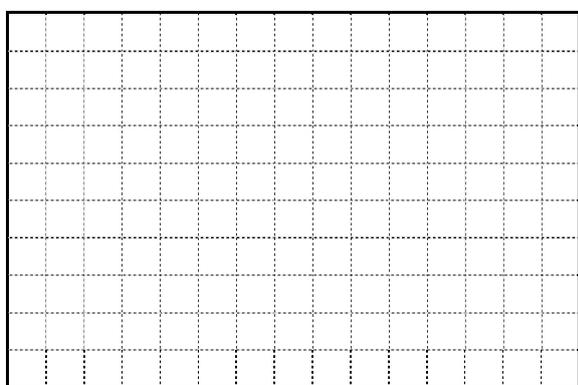
Работа № 5. Контактная точечная и шовная сварка

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

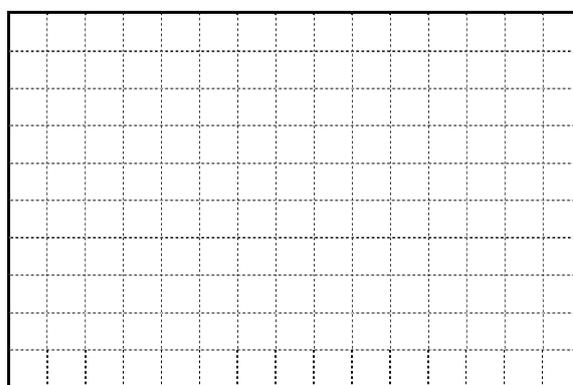
Контактная точечная сварка

Контактная точечная сварка —

Виды контактной точечной сварки



a



б

Рис. 5.1. Двусторонняя (*a*) и односторонняя (*б*) КТС

1 —

2 —

3 —

4 —

5 —

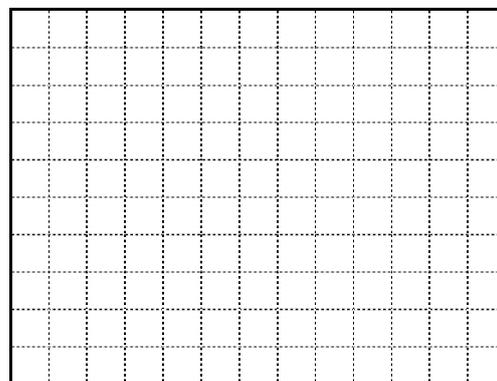
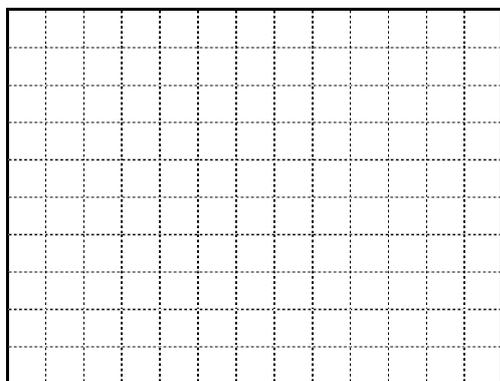


Рис. 5.2. Циклограммы процесса КТС

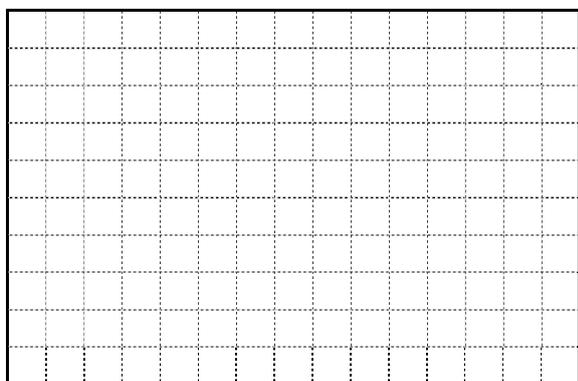
Свариваемые материалы и технологические возможности КТС:

--

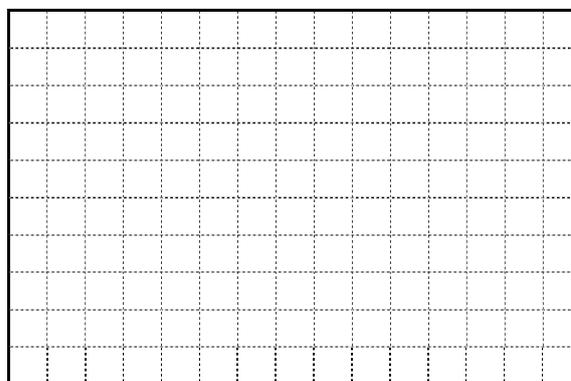
Контактная шовная сварка

Контактная шовная сварка —

Виды контактной шовной сварки



a



б

Рис. 5.3. Двусторонняя (*a*) и односторонняя (*б*) КШС

1 —

4 —

2 —

5 —

3 —

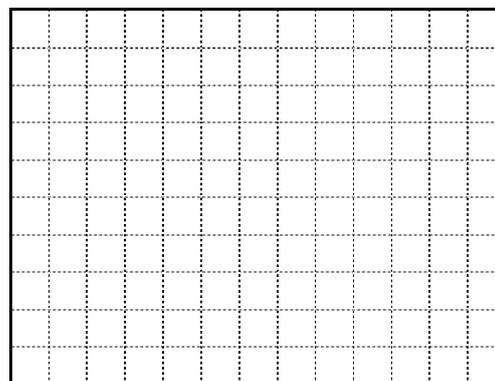
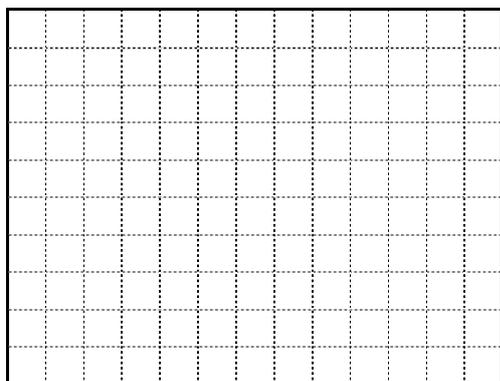


Рис. 5.4. Циклограммы процесса КШС



Оборудование для контактной точечной и шовной сварки

Контактная точечная сварка выполняется на специализированных машинах.

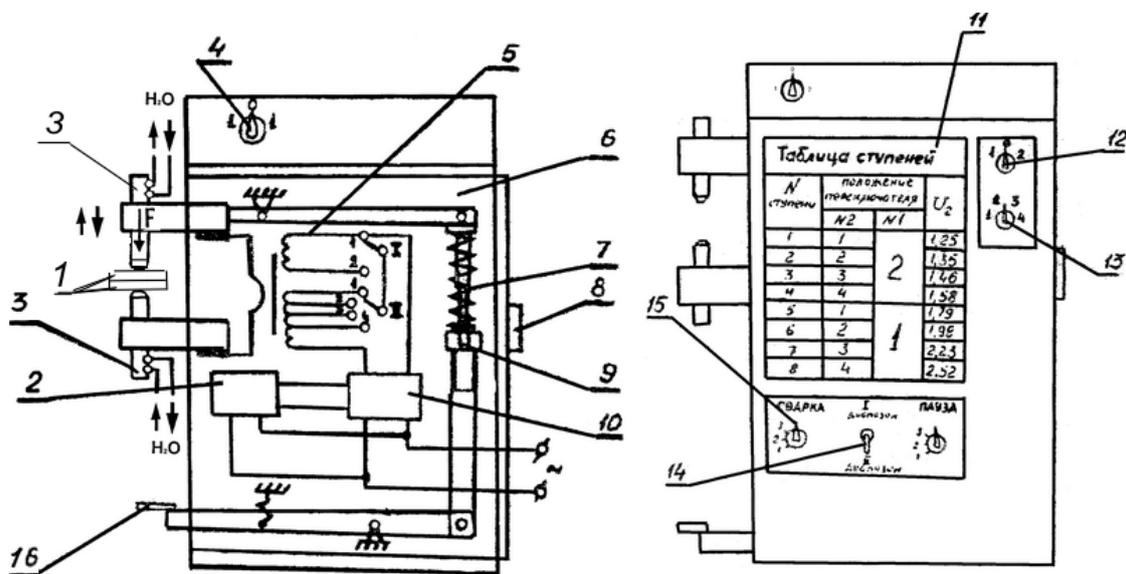


Рис. 5.5. Схема машины МТ-601 для контактной точечной сварки

Основные части машины МТ-601:

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

Контактная шовная сварка выполняется на специализированных машинах.

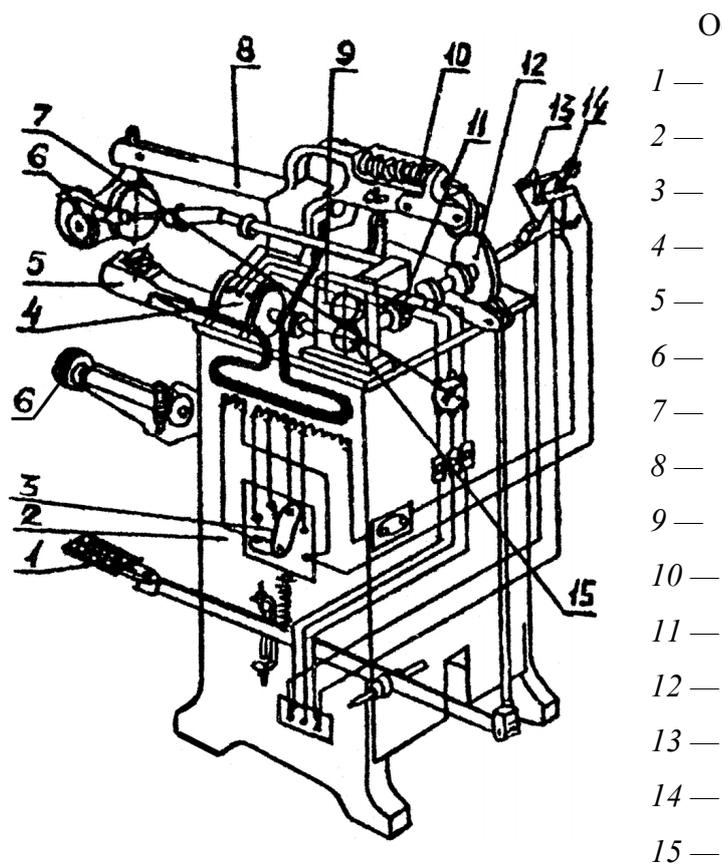


Рис.5.6. Схема машины МШМ-25М для контактной шовной сварки

Практическое занятие

В процессе практического занятия определить и занести в табл. 5.1 и 5.2 параметры режимов КТС и КШС.

Таблица 5.1

Режимы КТС

Номер эксперимента	Материал заготовки	δ , мм	d_T , мм	S , мм ²	$I_{св}$, А	$U_{св}$, В	$t_{св}$, с	$F_{ос}$, Н

Расчет параметров режимов КТС:

$$U_{св} = U_2 = \quad \text{В};$$

$$d_T = 2\delta + 3 = \text{мм}$$

(для низколегированных сталей толщиной до 3 мм);

$$S = \pi d_T^2 / 4 = \text{мм}^2;$$

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

$$I = jS = \text{А};$$

$$F_{oc} = 25,5 - 3,5\delta = \text{МПа.}$$

Таблица 5.2

Режимы КШС

Номер эксперимента	Материал заготовки	δ , мм	$h_{ш}$, мм	S , мм ²	I_{cb} , А	U_{cb} , В	v_{cb} , м/ч	F_{oc} , Н

Расчет параметров режимов КШС:

$$U_{cb} = U_2 = \text{В};$$

$$h_{ш} = 2\delta + 3 = \text{мм}$$

(для низколегированных сталей толщиной до 3 мм);

$$S = \pi h_{ш}^2 / 4 = \text{мм}^2;$$

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

$$I = jS = \text{А};$$

$$F_{oc} = 25,5 - 3,5\delta = \text{МПа.}$$

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.....	14
Работа № 5. Контактная точечная и шовная сварка	17

Учебное издание

Цирков Павел Александрович
Глазунов Сергей Николаевич
Дрижов Виктор Сергеевич
Варламова Любовь Дмитриевна
Вялков Вадим Геннадиевич

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Учебно-технологический практикум –
основы технологии сварочного производства»

Редактор *Е.К. Кошелева*
Компьютерная верстка *С.А. Серебряковой*

Подписано в печать 25.10.2012. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 2,79. Тираж 2000 экз. Изд. № 112. Заказ .

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

ДЛЯ ЗАМЕТОК