



Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Рабочая тетрадь

по дисциплине

**«Учебно-технологический практикум –
основы технологии
сварочного производства»**

Студент _____ (Ф.И.О.)

Факультет, группа _____

Журнал № _____

Преподаватель _____ (Ф.И.О.)

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

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. — 34, [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 «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 факультете «Машиностроительные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана 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

Учебное издание

Цирков Павел Александрович
Глазунов Сергей Николаевич
Дрижов Виктор Сергеевич
Варламова Любовь Дмитриевна
Вялков Вадим Геннадиевич
Романов Юрий Геннадьевич
Слинко Дмитрий Борисович

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

Редактор *Е.К. Кошелева*
Корректор *В.С. Буравлева*
Компьютерная верстка *С.А. Серебряковой*

Подписано в печать 25.10.2012. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 4,19. Тираж 2000 экз. Изд. № 70. Заказ .

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

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

СВАРОЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. ВВОДНОЕ ЗАНЯТИЕ

Сварка –

Физические основы получения неразъемного соединения сваркой

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 Å (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.

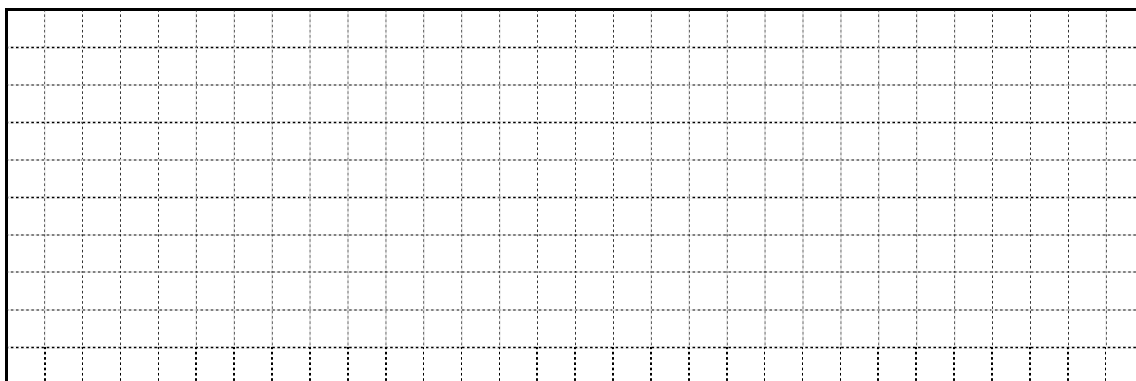


Рис. I.1. Формирование сварного соединения

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:

—

—

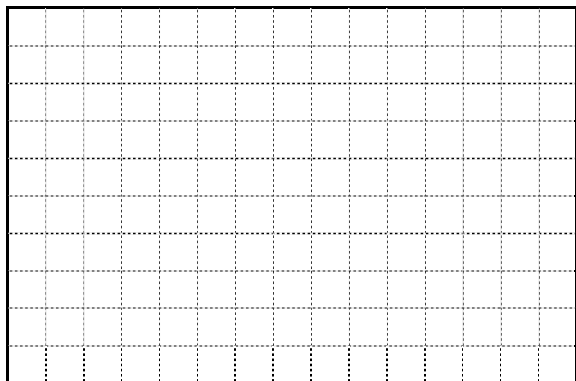
—

IV. По роду применяемого тока:

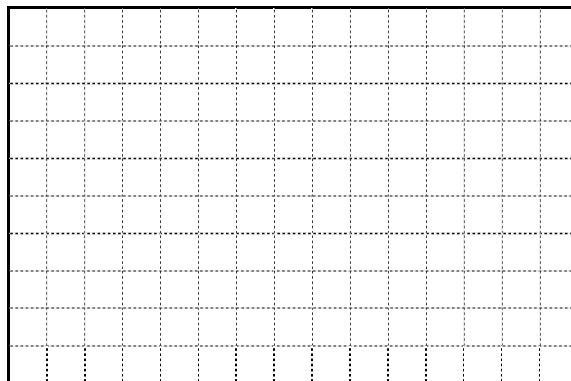
—

—

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 —

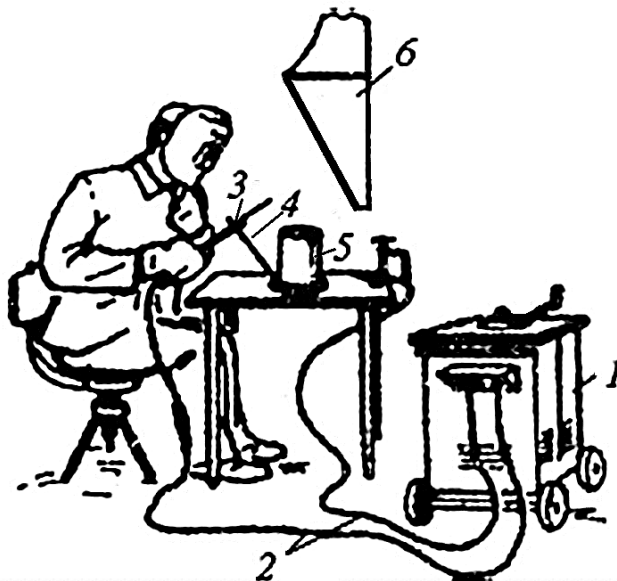
U —

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

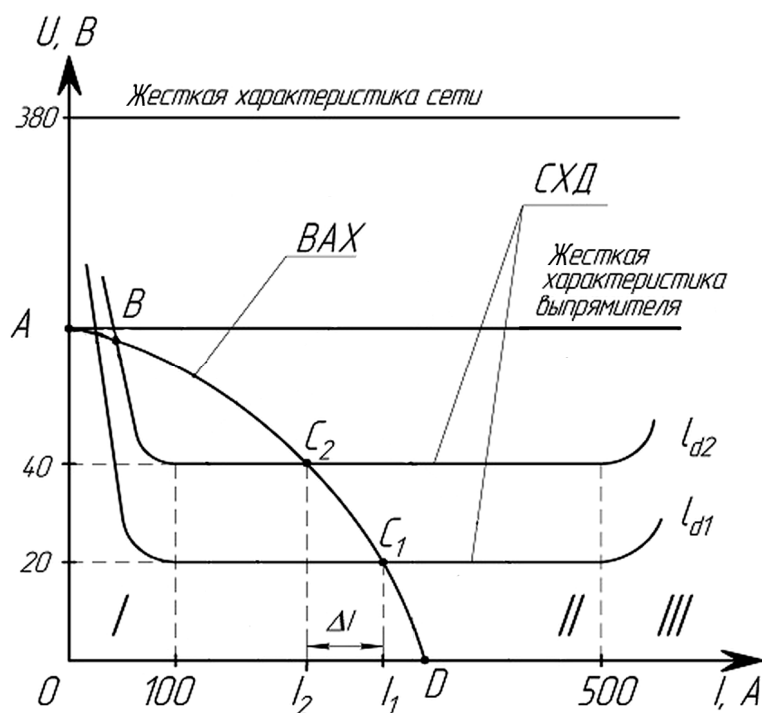


Рис. 1.2. Характеристики сварочного процесса

ВАН —

СХД —

Точка A —

Точка B —

Точка C —

Точка D —

I_1 —

I_2 —

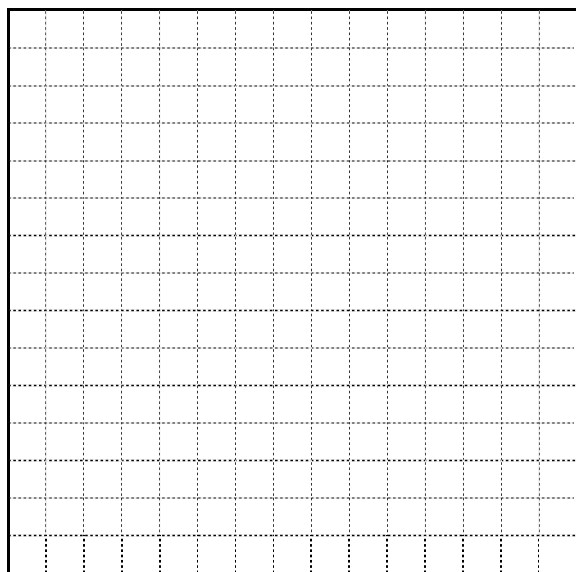
l_{d1} —

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:

--

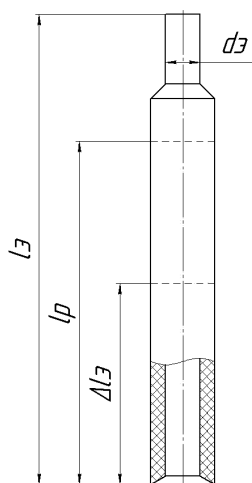


Рис. 1.4. Схема штучного электрода:

$d_{\text{Э}}$ — диаметр электрода, мм;

$l_{\text{Э}}$ — длина электрода, мм;

$l_{\text{р}}$ — длина рабочей части электрода, мм;

$\Delta l_{\text{Э}}$ — длина расходуемой части электрода, мм

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

—
—
—
—
—
—

Технологические возможности ручной дуговой сварки

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



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 сводную табл. I.1 (см. с. 18).

Рассчитать параметры режима сварки для предложенного сварного узла.

Расчет параметров режима сварки предложенного узла:

Работу выполнил _____ Работу принял _____

Работа № 2. Автоматическая дуговая сварка под флюсом

Автоматическая дуговая сварка под флюсом (АДСФ) —

Физическая сущность процесса

Отличительные особенности автоматической дуговой сварки под флюсом:

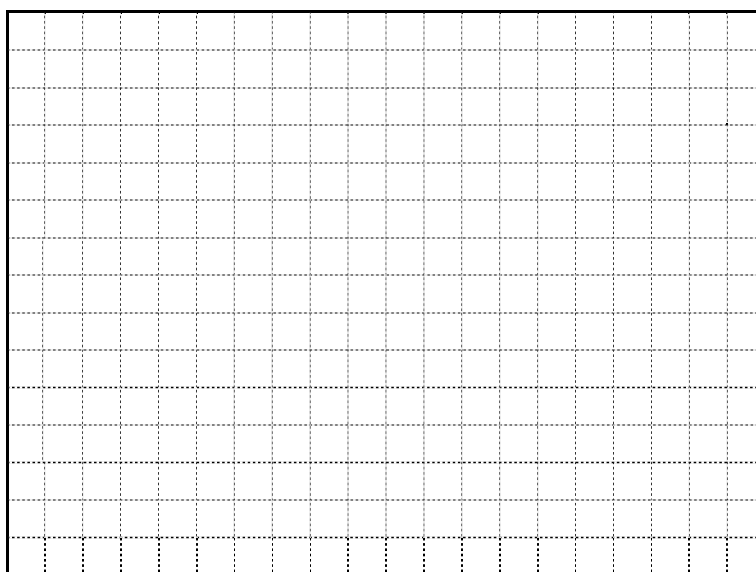


Рис. 2.1. Схема технологического процесса автоматической сварки под флюсом

1 —

8 —

2 —

9 —

3 —

10 —

4 —

11 —

5 —

12 —

6 —

13 —

7 —

Сварочные материалы

Сварочное оборудование

При выполнении автоматической сварки применяют автоматы двух видов: подвесные сварочные головки и сварочные тракторы самоходного типа, перемещающиеся по изделию.

Основные части сварочного автомата АДС-1000:

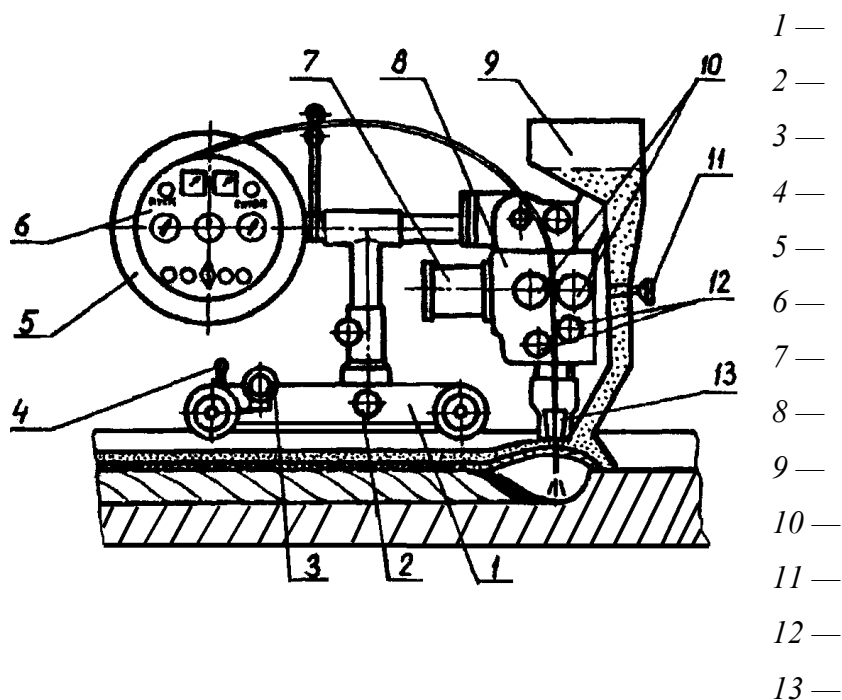


Рис. 2.2. Схема устройства сварочного автомата АДС-1000

Технологические возможности автоматической дуговой сварки под флюсом

Свариваемые материалы:
Толщина свариваемых элементов:
Достоинства способа:
Недостатки способа:

Рис. 2.3. Типовые изделия (минимум три любых)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Нанесение слоя металла на поверхность заготовки с помощью автоматической дуговой сварки под флюсом

В процессе практического занятия определить параметры режима сварки и занести их в сводную табл. I.1 (см. с. 18).

Рассчитать параметры режима сварки для предложенного сварного узла.

Расчет параметров режима сварки предложенного узла:

Работу выполнил _____ Работу принял _____

Работа № 3. Дуговая сварка в защитном газе

Дуговая сварка в защитном газе —

Физическая сущность процесса

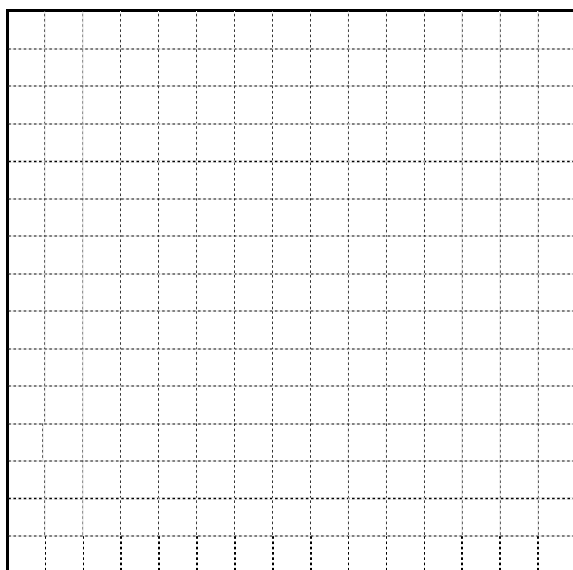
Классификация способов дуговой сварки в защитном газе:

—

—

Сварка в защитном газе неплавящимся электродом

Сварка неплавящимся электродом —



1 —

2 —

3 —

4 —

5 —

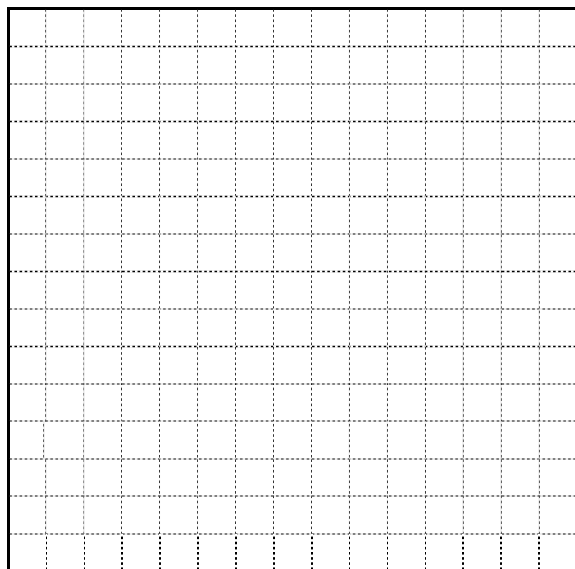
6 —

Рис. 3.1. Схема специальной горелки для сварки неплавящимся электродом

Свариваемые материалы:

Сварка в защитном газе плавящимся электродом

Сварка плавящимся электродом —



1 —

2 —

3 —

4 —

5 —

6 —

7 —

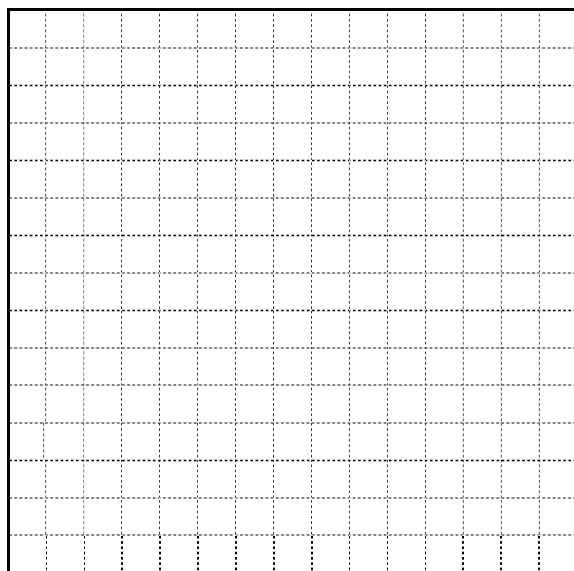
8 —

Рис. 3.2. Схема установки для сварки плавящимся электродом

Свариваемые материалы:

Сварка в углекислом газе

Сварка в углекислом газе —



1 —

2 —

3 —

4 —

5 —

6 —

7 —

8 —

Рис. 3.3. Схема установки для механизированной сварки

Технологические возможности сварки в углекислом газе

Свариваемые материалы:

Толщина свариваемых элементов:

Достоинства способа:

Недостатки способа:

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Нанесение слоя металла на поверхность заготовки способом механизированной дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом

В процессе практического занятия определить параметры режима сварки и занести их в сводную табл. I.1 (см. с. 18).

Рассчитать параметры режима сварки для предложенного сварного узла.

Расчет параметров режима сварки предложенного узла:

Работу выполнил _____ Работу принял _____

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ К РАБОТАМ 1–3 (ДУГОВЫЕ СПОСОБЫ СВАРКИ)

В процессе практических занятий определить параметры режимов сварки и занести их в сводную табл. I.1.

Таблица I.1

Способ сварки	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	$U_{св}$, В	$\Delta l_э$, мм	$t_{св}^{эксп}$, ч	K_p , г/А·ч	K_n , г/А·ч	$t_{св}^{изд}$, ч	$v_{св}^{изд}$, м/ч
РДС									
АДСФ									
Механизированная дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом									

1. Измерить диаметр $d_э$ и длину $l_э$ расходуемой части электрода при контрольной наплавке путем измерения линейной длины электрода до и после сварки при изучаемых дуговых способах сварки.

А. Определить коэффициент расплавления по формуле

$$K_p = \frac{m_э}{I_{св} t_{св}^{эксп}} = \frac{\pi d_э^2 \rho_{ст} \Delta l_э}{4 I_{св} t_{св}^{эксп}} = \text{г/(А·ч)},$$

где $m_э = S_э \rho_{ст} \Delta l_э = \frac{1}{4} \pi d_э^2 \rho_{ст} \Delta l_э$ — масса израсходованной части электрода, г;

$S_э = \frac{\pi d_э^2}{4}$ — площадь рабочей поверхности электрода, мм²;

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

$I_{св}$ — сила сварочного тока, А;

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

Б. Определить коэффициент наплавки с учетом потерь по формуле

$$K_{\text{н}} = K_{\text{р}}(1 - \psi) = \quad \text{г/(А·ч)},$$

где Ψ — коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, при ручной дуговой сварке $\Psi = 0,08$; при механизированной дуговой сварке в среде защитных газов $\Psi = 0,12$; при автоматической сварке под флюсом $\Psi = 0,03$.

2. Для заданного преподавателем сварного узла (см. варианты задания — табл. I.2 и рис. I.3) решить технологическую задачу для трех способов сварки (РДС, АДСФ и механизированной дуговой сварки в среде защитных газов):

а) определить время сварки изделия на режимах, идентичных наплавке контрольного валика, по формуле

$$t_{\text{св}}^{\text{изд}} = \frac{m_{\text{ш}}}{I_{\text{св}} K_{\text{н}}} = \quad \text{ч};$$

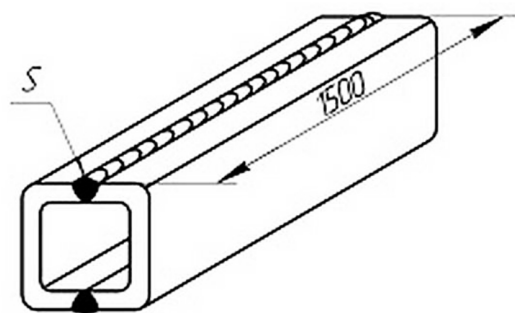
б) определить скорость сварки изделия по формуле

$$v_{\text{св}}^{\text{изд}} = \frac{L_{\text{ш}}}{t_{\text{св}}} = \quad \text{м/ч}.$$

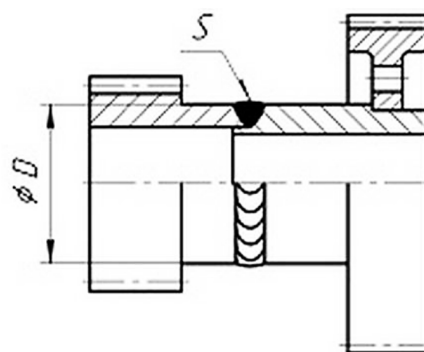
Таблица I.2

Габаритные размеры сварных узлов (к рис. I.3)

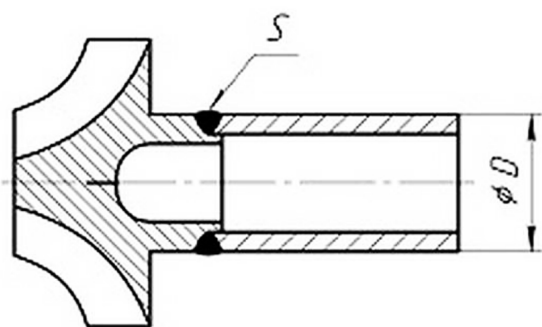
Позиция рис. I.3	Параметр					Параметр					
	D , мм	H , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	$S_{\text{ш}}^{\text{изд}}$, см ²	Позиция рис. I.3	D , мм	H , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	$S_{\text{ш}}^{\text{изд}}$, см ²
<i>a</i>	—	—	—	—	0,2– 1,1	<i>д</i>	500– 4000	—	—	—	0,8– 1,2
<i>б</i>	240– 400	—	—	—	0,5– 1,0	<i>e</i>	700– 1000	—	—	—	2,0– 4,0
<i>в</i>	100– 200	—	—	—	1,0– 1,5	<i>жс</i>	—	100– 200	—	—	0,5– 1,0
<i>з</i>	300– 600	—	—	—	2,0– 3,0	<i>з</i>	—	2000– 3000	1500– 2000	1000– 1400	2,0– 4,0



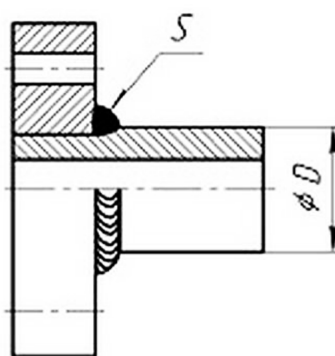
а) балка



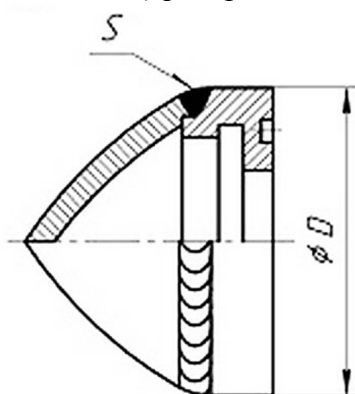
б) блок шестерен



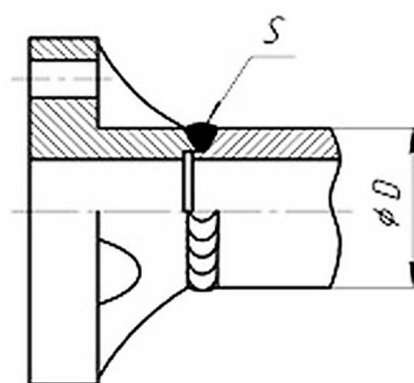
в) ротор



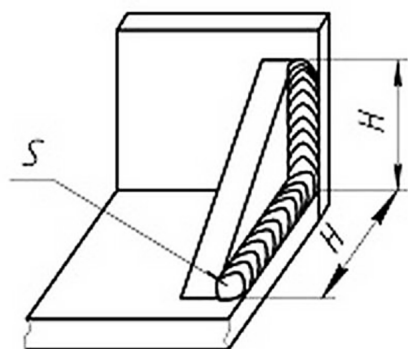
г) колонна



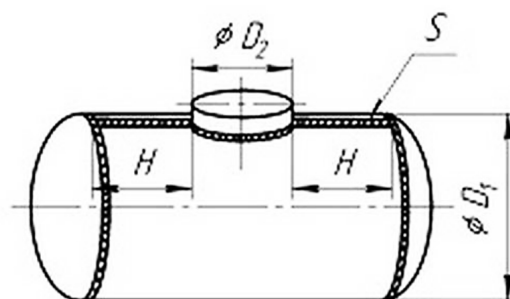
д) обтекатель



е) вал



ж) уголок



з) цистерна

Рис. 1.3. Варианты сварных узлов

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.	

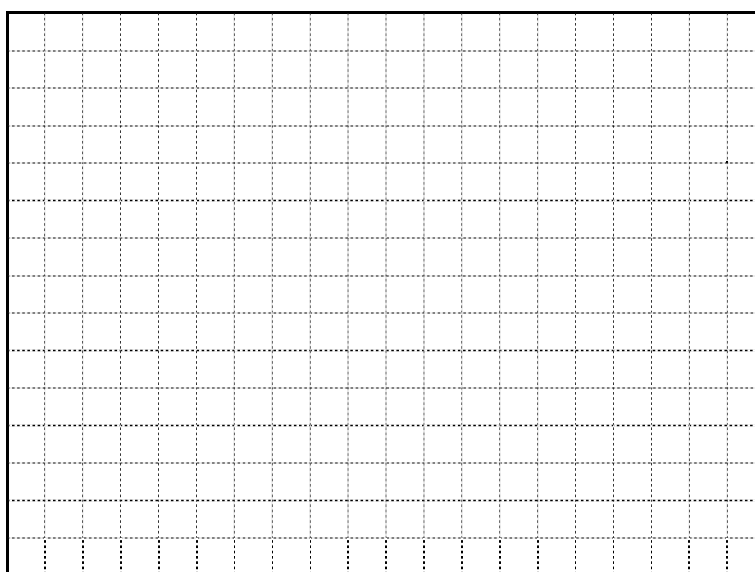


Рис. II.1. Основные этапы формирования неразъемного соединения

Контактная сварка —

Закон Джоуля — Ленца:

$$Q =$$

Дж,

где

Оборудование для контактной сварки

Основные элементы машин для контактных способов сварки:

—
—
—

Характеристика источника тока машин для контактных способов сварки:

$$K_T =$$

где

Физические основы формирования сварного соединения при контактной сварке

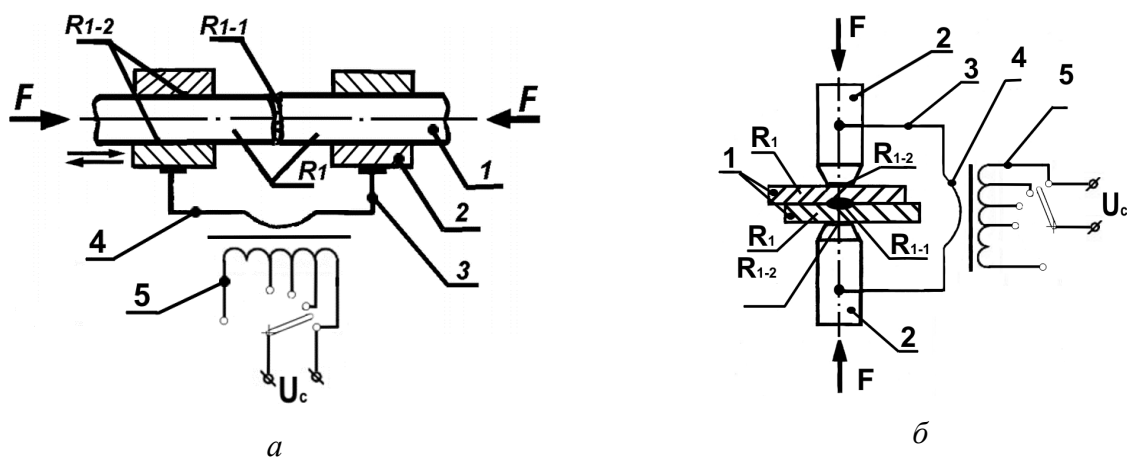


Рис. П.2. Схема контактной сварки заготовок:

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)

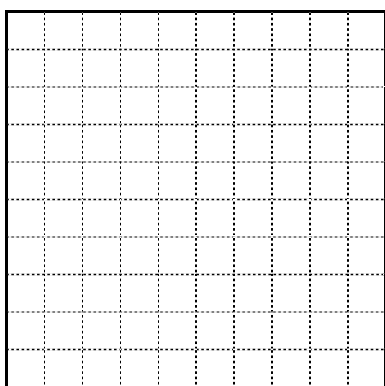


Рис. 4.1. Циклограмма процесса КСС

Последовательность операций:

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

Свариваемые материалы и технологические возможности:

Контактная стыковая сварка оплавлением (КСО)

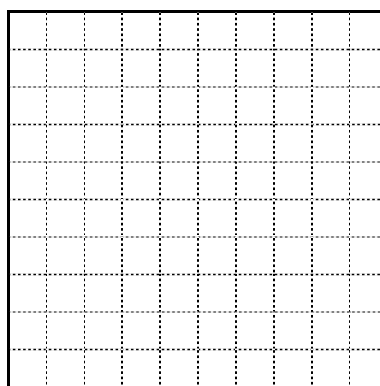


Рис. 4.2. Циклограмма процесса КСО

Последовательность операций:

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

Свариваемые материалы и технологические возможности:

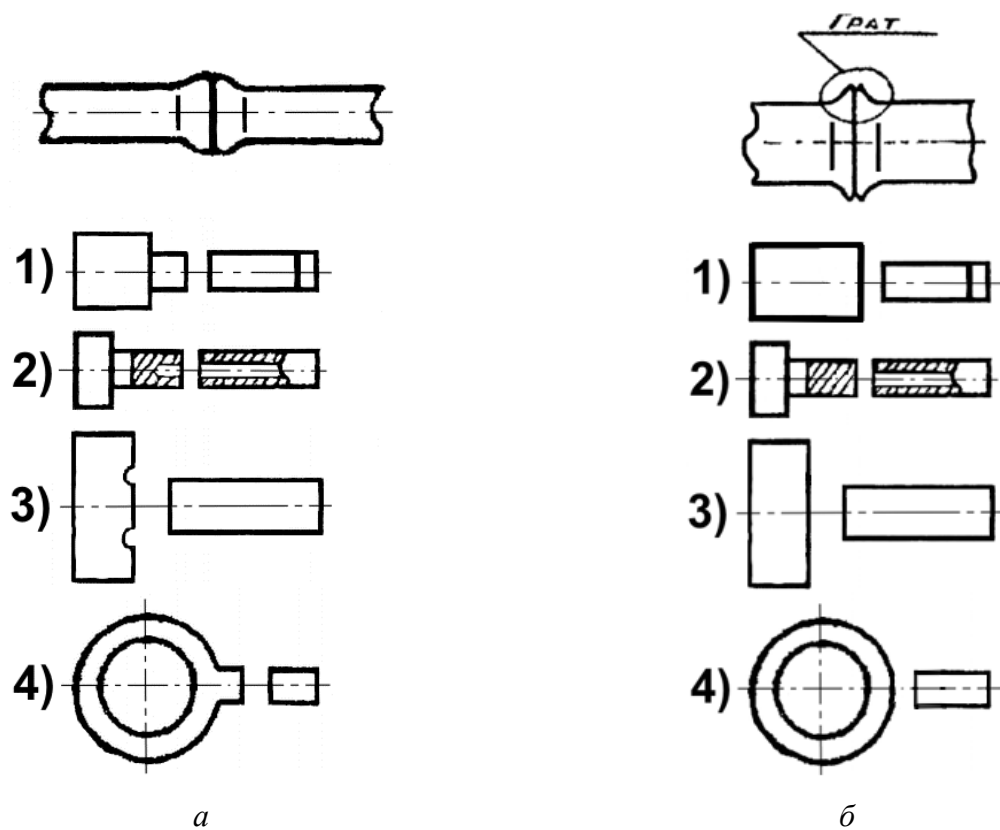


Рис. 4.3. Виды сварных соединений при КСС (а) и КСО (б)

Оборудование для контактной стыковой сварки

Контактная стыковая сварка выполняется на специализированных машинах.

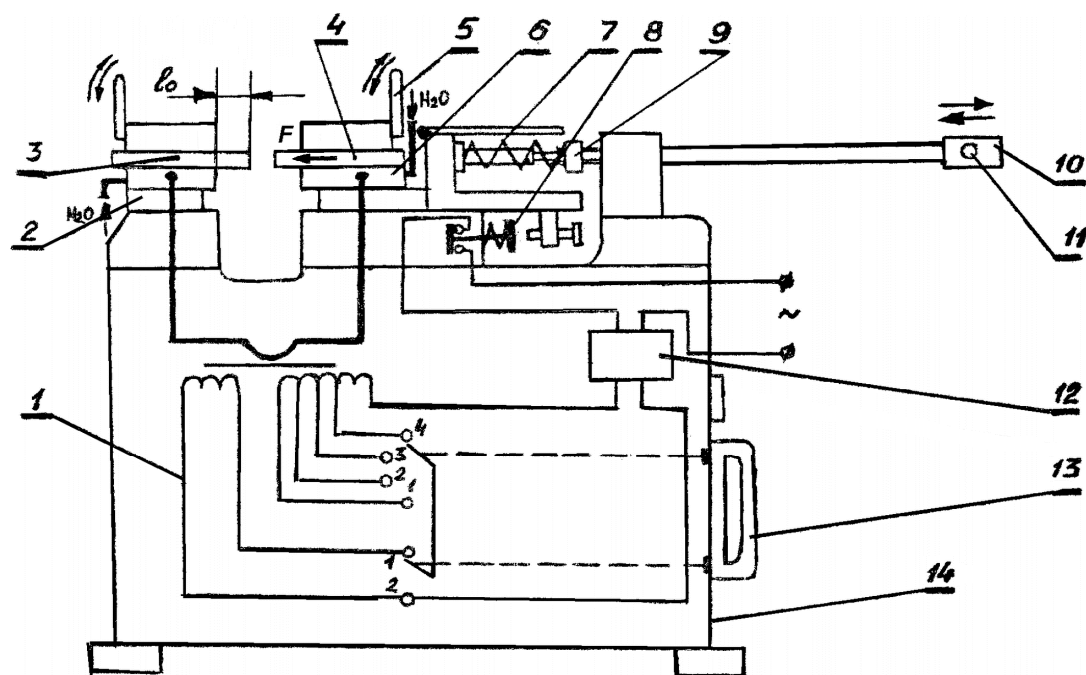


Рис. 4.4. Схема машины МСР-25 для контактной стыковой сварки

Основные части машин 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	$d_{\text{заг}}, \text{мм}$	$S, \text{мм}^2$	$U_{\text{св}}, \text{В}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$t_{\text{св}}, \text{с}$	$l_o, \text{мм}$	$F_{\text{ос}}, \text{Н}$

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

$$S = \pi d_{\text{заг}}^2 / 4 = \quad \text{мм}^2;$$

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

$$I = jS = \quad \text{А.}$$

Работу выполнил _____ Работу принял _____

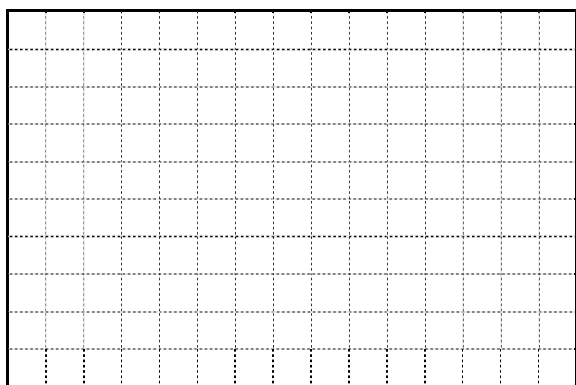
Работа № 5. Контактная точечная и шовная сварка

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

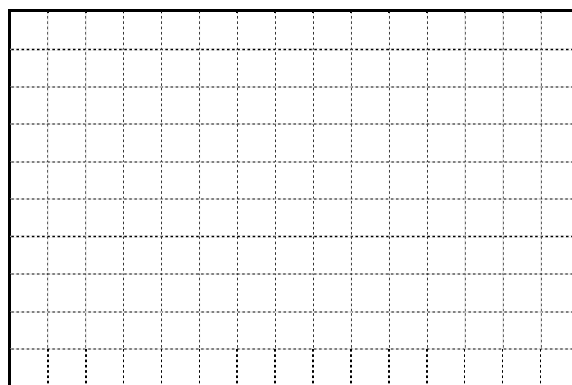
Контактная точечная сварка

Контактная точечная сварка —

Виды контактной точечной сварки



a



б

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

1 —

2 —

3 —

4 —

5 —

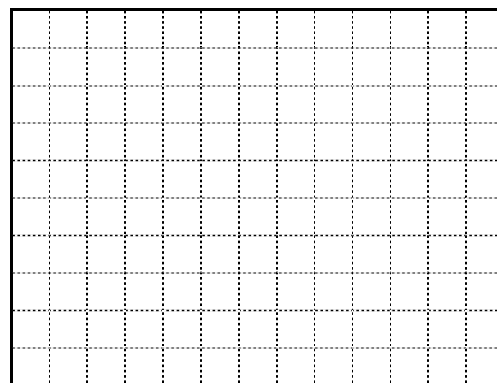
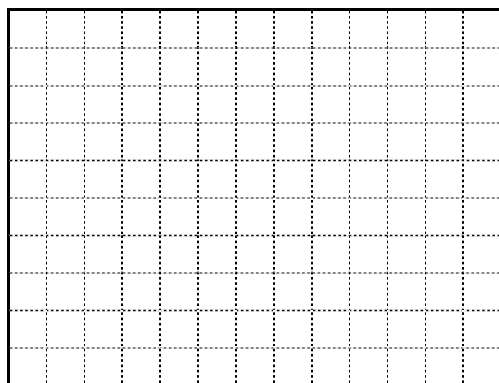


Рис. 5.2. Циклограммы процесса КТС

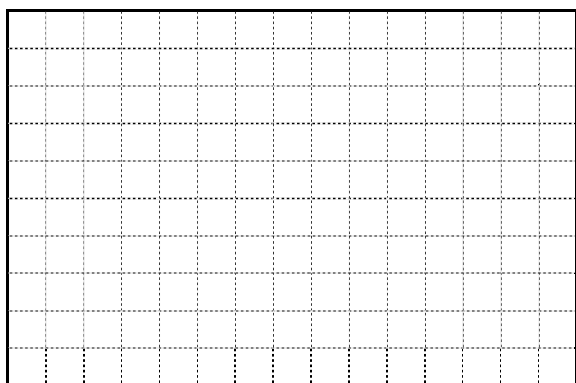
Свариваемые материалы и технологические возможности КТС:

--

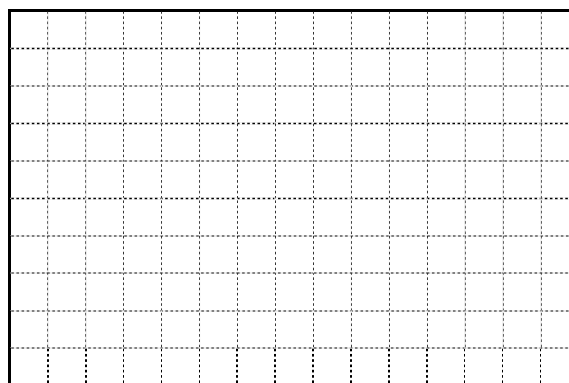
Контактная шовная сварка

Контактная шовная сварка —

Виды контактной шовной сварки



a



б

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

1 —

4 —

2 —

5 —

3 —

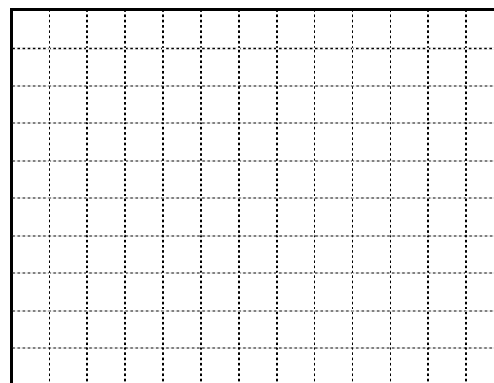
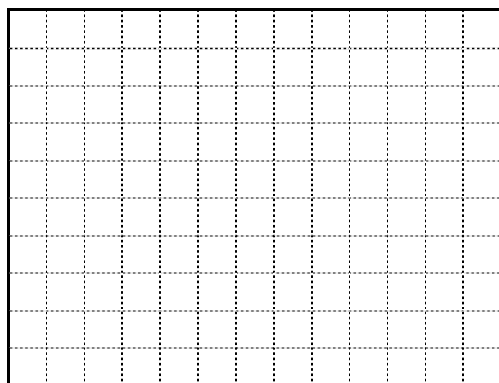


Рис. 5.4. Циклограммы процесса КШС

Оборудование для контактной точечной и шовной сварки

Контактная точечная сварка выполняется на специализированных машинах.

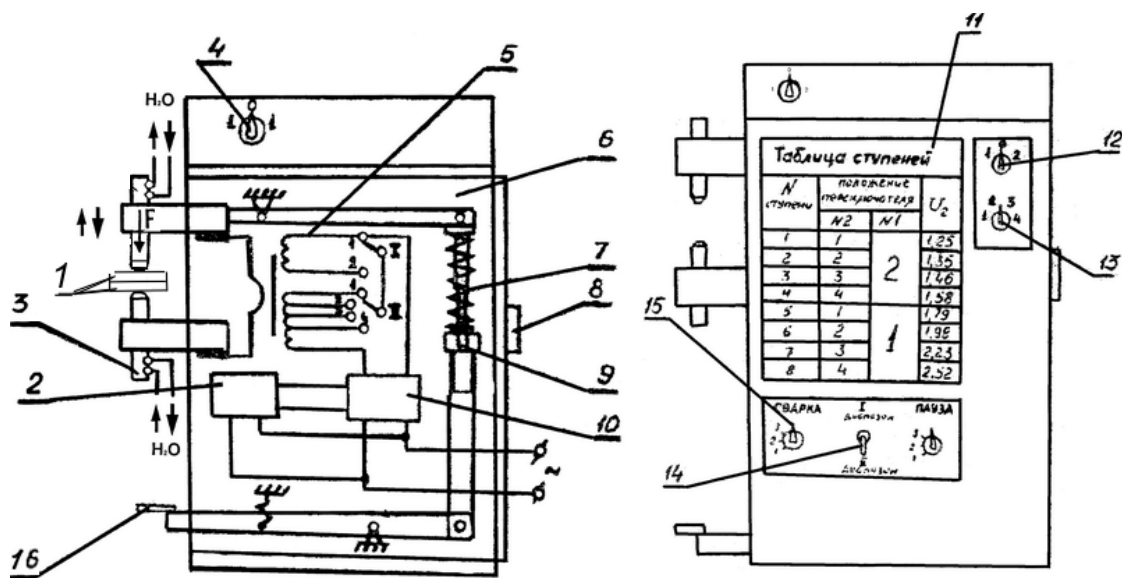


Рис. 5.5. Схема машины МТ-601 для контактной точечной сварки

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.

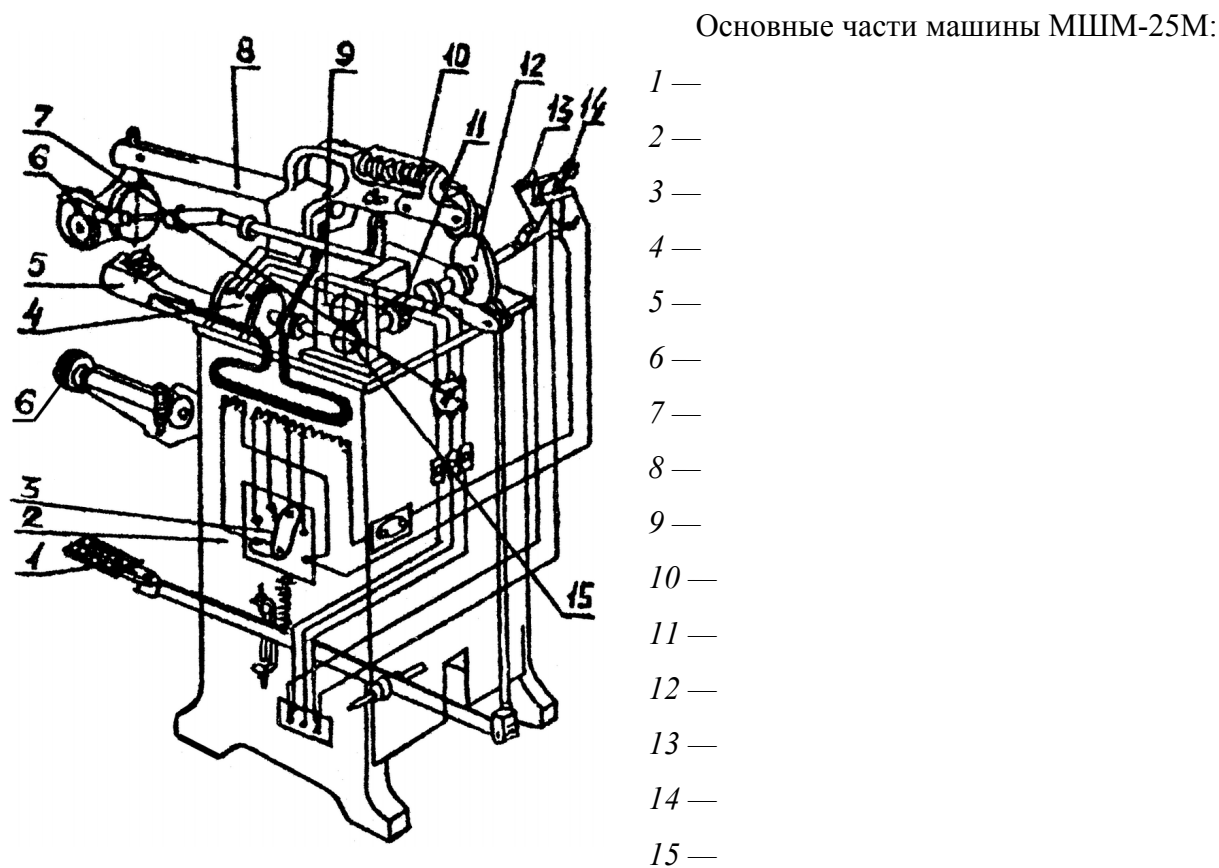


Рис.5.6. Схема машины для контактной шовной сварки МШМ-25М

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 _т , мм	S, мм ²	I _{св} , А	U _{св} , В	t _{св} , с	F _{ос} , Н

Расчет параметров режимов КТС:

$U_{св} = U_2 =$

В;

$$d_T = 2\delta + 3 = \text{мм}$$

(для низколегированных сталей толщиной до 3 мм);

$$S = \pi d_T^2 / 4 = \text{мм}^2;$$

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

$$I_{CB} = jS = \text{А};$$

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

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 _____

Работа № 6. Конденсаторная сварка

Конденсаторная сварка —

Физическая сущность процесса

Разновидности конденсаторной сварки:

Характеристика источника тока машин для конденсаторной сварки:

$$A = \quad ,$$

где A —

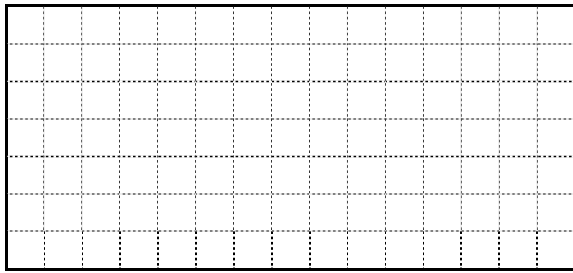
C —

U —

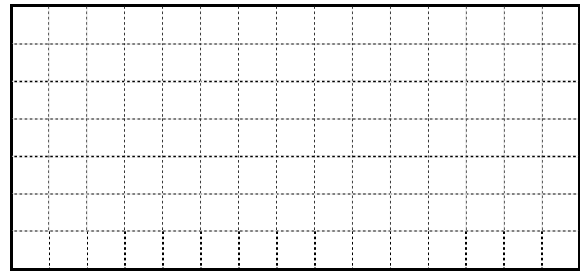
Виды конденсаторной сварки:

—

—



a



б

Рис. 6.1. Виды конденсаторной сварки: бестрансформаторная (*a*) и трансформаторная (*б*)

Трансформаторная сварка

Время сварки:

$$t = \dots$$

где t —

C —

U_1 —

K_T —

I_{CB} —

Технологические возможности трансформаторной сварки:

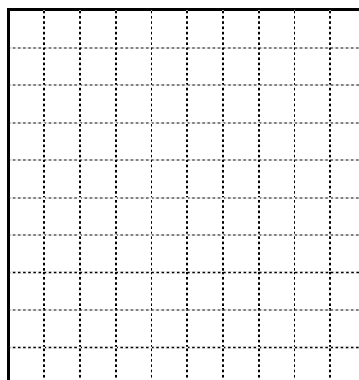


Рис. 6.2. Циклограмма процесса конденсаторной сварки

Свариваемые материалы при конденсаторной сварке:

Конденсаторная сварка:

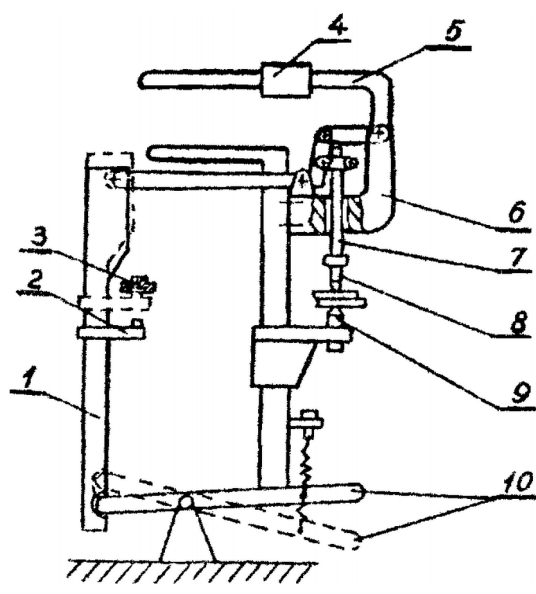
Бестрансформаторная сварка:

Трансформаторная сварка:

Оборудование для конденсаторной сварки

Виды машин для конденсаторной сварки:

Конденсаторная сварка выполняется на машине ТКМ-7 для точечной конденсаторной сварки.



Основные части машины ТКМ-7:

- 1 —
- 2 —
- 3 —
- 4 —
- 5 —
- 6 —
- 7 —
- 8 —
- 9 —
- 10 —

Рис. 6.3. Устройство машины ТКМ-7 для точечной конденсаторной сварки

Практическое занятие

В процессе практического занятия определить и занести в табл. 6.1 параметры режима конденсаторной сварки.

Таблица 6.1

Режимы конденсаторной сварки

Номер эксперимента	Материал заготовки	δ , мм	K_T	C , мкФ	I_{CB} , А	U_{CB} , В	t_{CB} , с	F_{OC} , Н

Работу выполнил _____ Работу принял _____

СОДЕРЖАНИЕ

Сварочная лаборатория. Вводное занятие.....	3
Часть I. Сварка плавлением	4
Работа № 1. Ручная дуговая сварка.....	6
Работа № 2. Автоматическая дуговая сварка под флюсом.....	11
Работа № 3. Дуговая сварка в защитном газе	14
Практическое задание к работам 1–3 (дуговые способы сварки)	18
Часть II. Сварка с применением давления.....	21
Работа № 4. Контактная стыковая сварка.....	24
Работа № 5. Контактная точечная и шовная сварка	27
Работа № 6. Конденсаторная сварка	32