

СВАРКА МЕТАЛЛОВ

классификация

ВИДЫ СВАРКИ

деление по физическим признакам

ПЛАВЛЕНИЕМ

(физический процесс)

- *Дуговая*
- *Газовая*
- *Плазменная*
- *Электрошлаковая*
- *Электронно-лучевая*
- *Лазерная*
- *Световая*
- *Термитная и другие*

С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАВЛЕНИЯ

(физико-механический процесс)

- *Контактная*
- *Диффузионная*
- *Стыковая контактная*
- *Высокочастотная*
- *Дугопрессовая*
- *Газопрессовая*
- *Шлакопрессовая и другие*

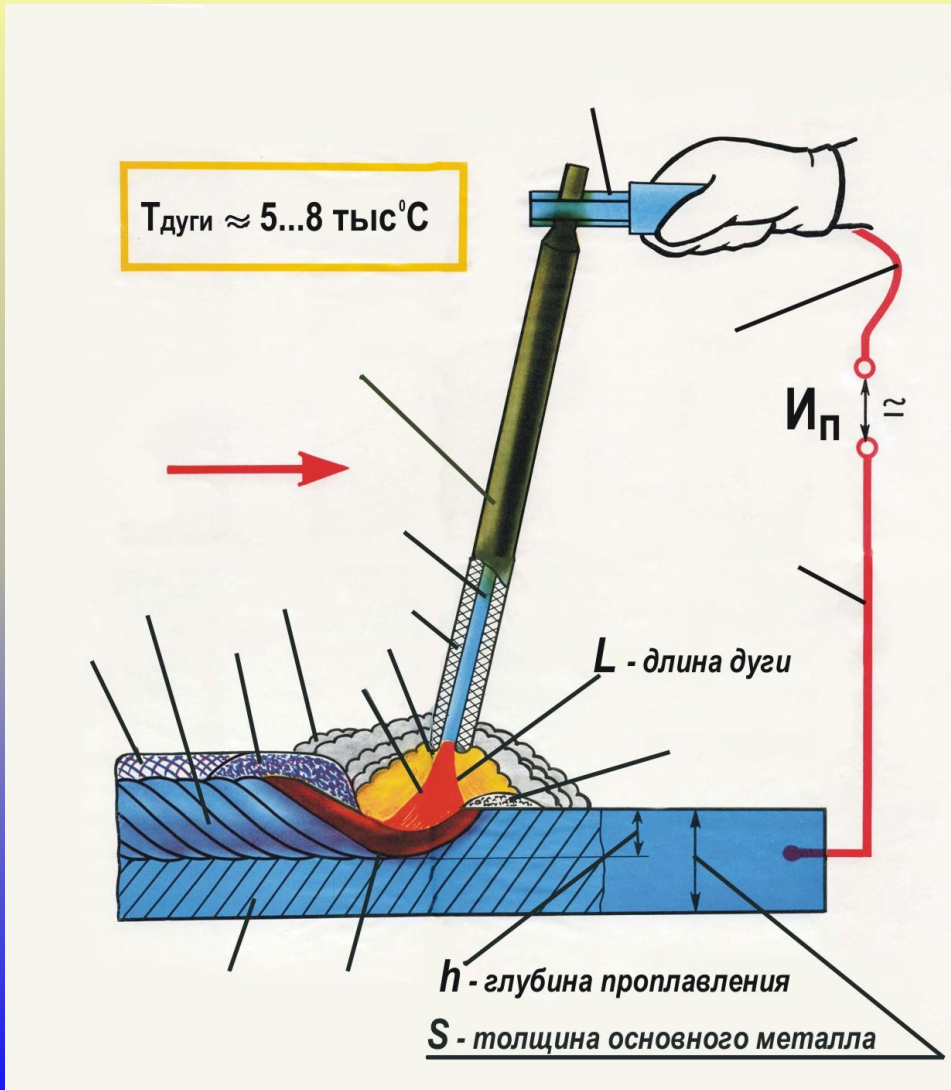
ДУГОВАЯ СВАРКА

деление по техническим и технологическим признакам

- По виду электрода и применению присадочной проволоки
- По виду дуги и степени её погружения в сварочную ванну
- По роду сварочного тока, его частоте и полярности
- По наличию внешнего воздействия на формирование шва
- По количеству дуг с отдельным питанием тока
- По количеству электродов с общим подводом сварочного тока
- По наличию и направлению колебаний электрода относительно оси шва
- По типу защитного газа и характеру защиты металла в зоне сварки
- По непрерывности процесса сварки
- По степени механизации процесса сварки

Ручная дуговая сварка

Покрытым (плавящимся металлическим) электродом



- 1- Прямой сварочный привод
- 2 – Электрододержатель
- 3 – Покрытый электрод
- 4 – Металлический стержень электрода
- 5 - Покрытие электрода
- 6 – Жидкие капли расплавленного электрода
- 7 – Электрическая сварочная дуга
- 8 – Защитный газ
- 9 – Жидкий шлак (шлаковая ванна)
- 10 – Шлаковая корка
- 11 - Проплавленный металл
- 12 – Основной металл
- 13 – Сварочная ванна
- 14 – Обратный сварочный провод

Угольным (неплавящимся) электродом

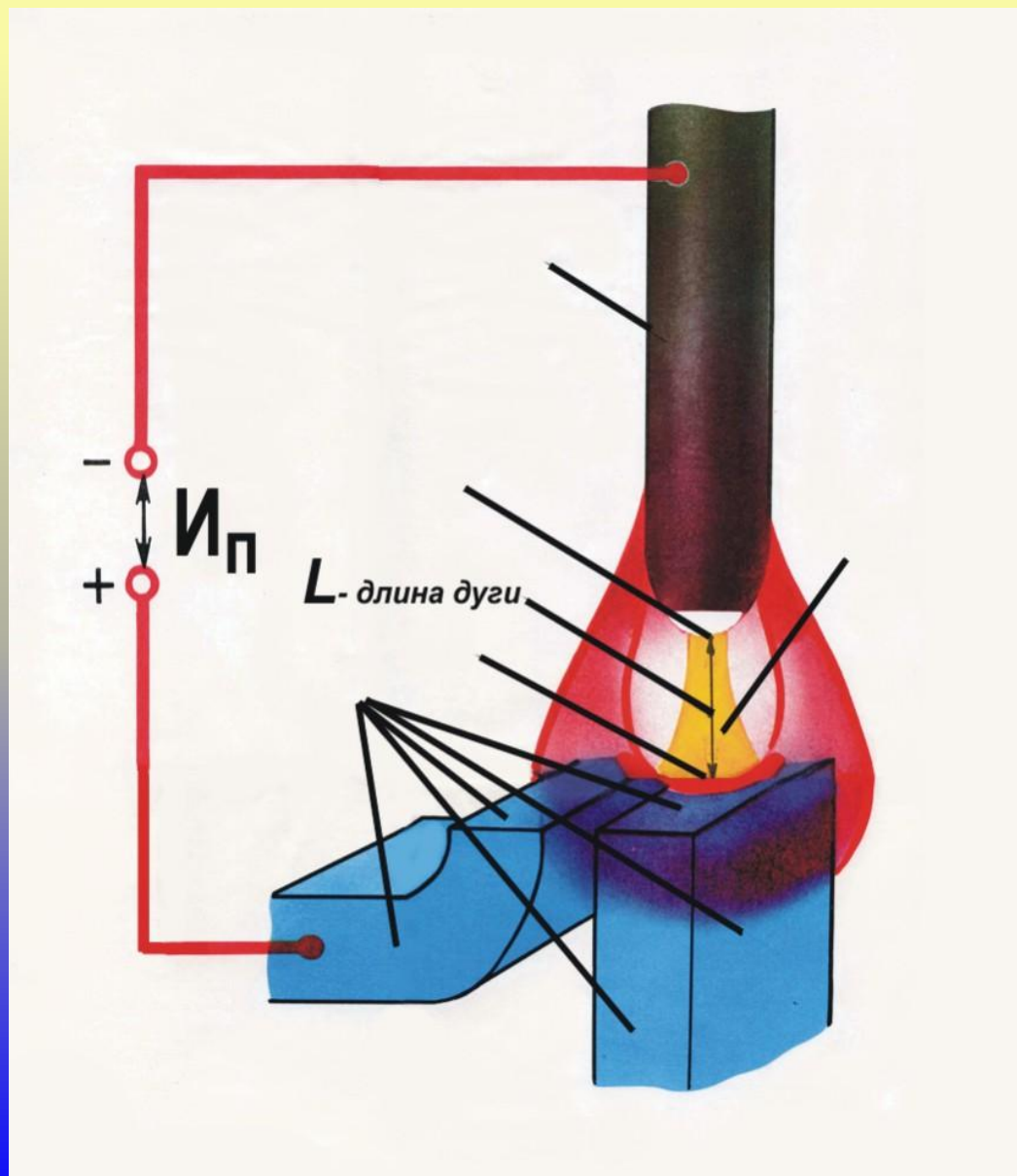
1 – угольный электрод

2 – катодное пятно

3 – газовый столб дуги

4 – анодное пятно (кратер)

5 – кромки свариваемых
деталей

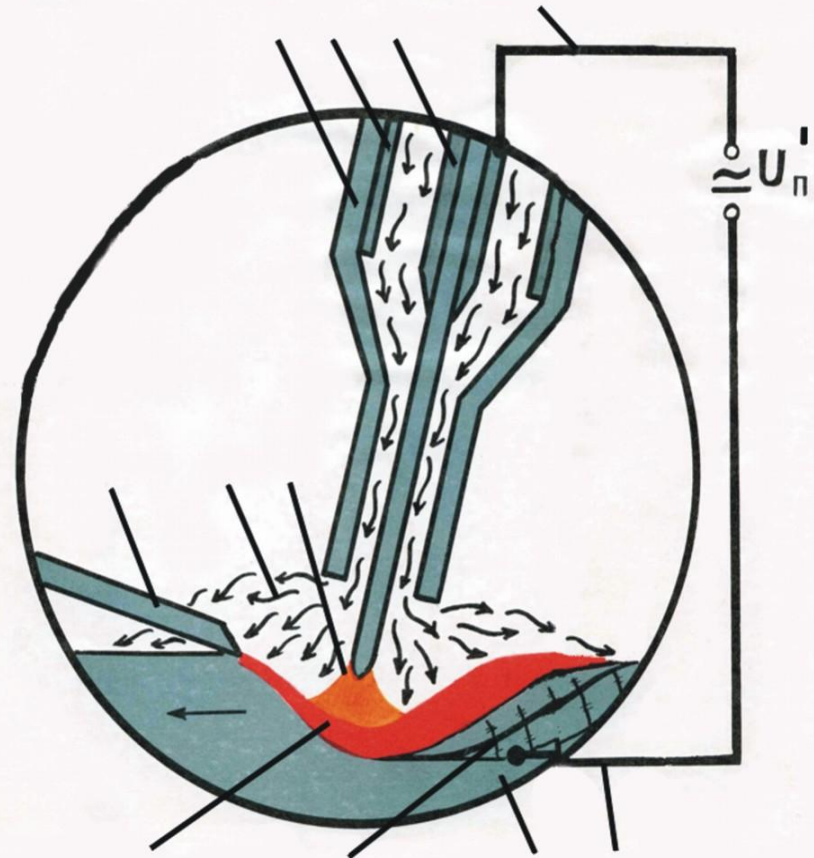


**Ручная
аргонодуговая
сварка
неплавящимся
(вольфрамовым)
электродом**

Принцип действия

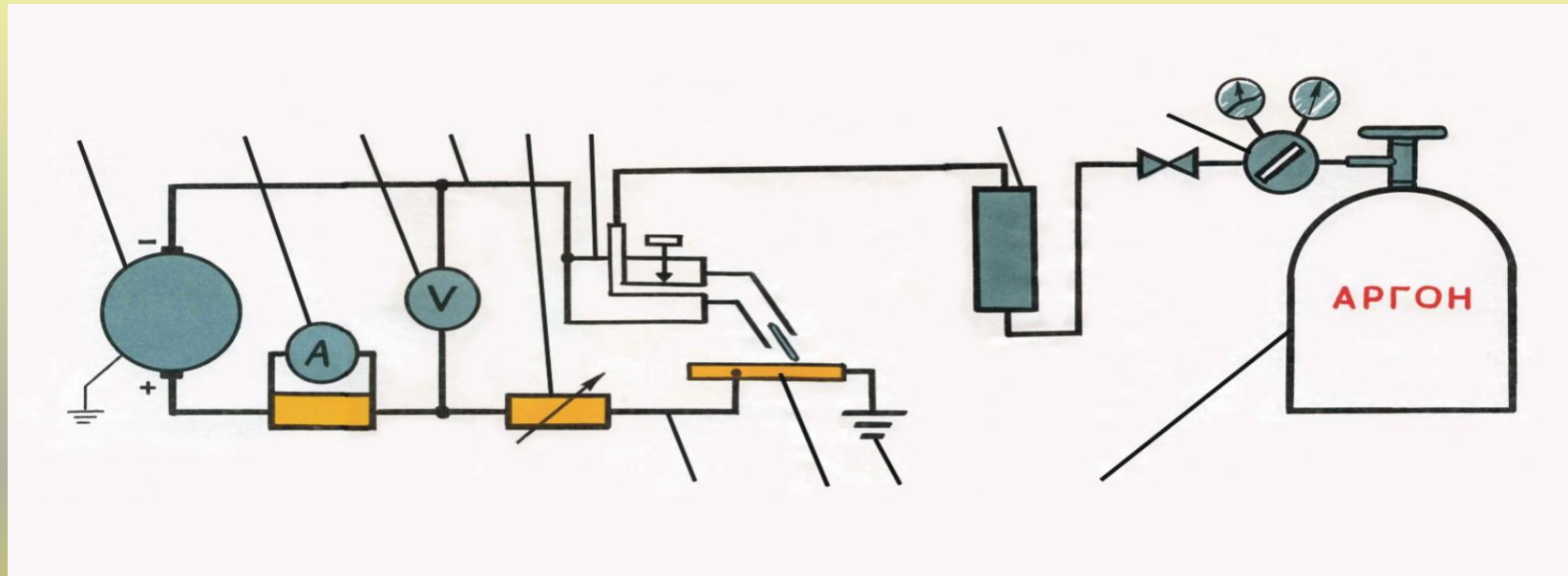
1. Источник питания дуги постоянным и переменным током
2. Прямой сварочный провод
3. Вольфрамовый мундштук (цанга)
4. Корпус горелки для дуговой сварки
5. Сопло горелки
6. Электрическая (сварочная) дуга
7. Струя защитного инертного газа (аргона, гелия, их примесей)
8. Присадочная проволока
9. Сварочная ванна
10. Металл шва
11. Основной металл
12. Обратный сварочный провод

Температура дуги
5...8 тыс С



Электрические схемы постов для ручной аргонодуговой сварки

На постоянном токе



1. Сварочный генератор

2. Амперметр

3. Вольтметр

4. Прямой сварочный провод

5. Реостат балластный

6. Горелка для дуговой сварки

7. Расходомер (ротаметр)

8. Газовый редуктор

9. Баллон с аргоном (гелием)

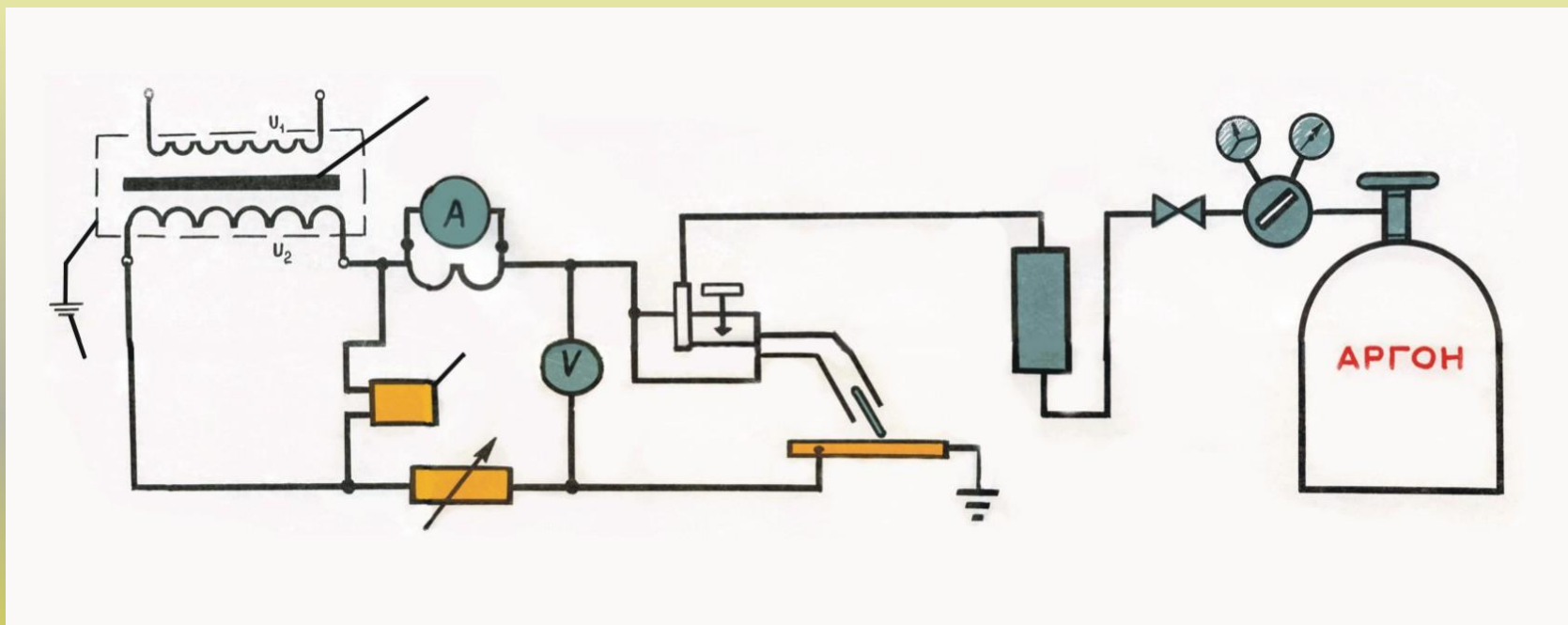
10. Заземление стола (изделия)

11. Основной металл (изделие)

12. Обратный сварочный провод

Электрические схемы постов для ручной аргодуговой сварки

На переменном токе

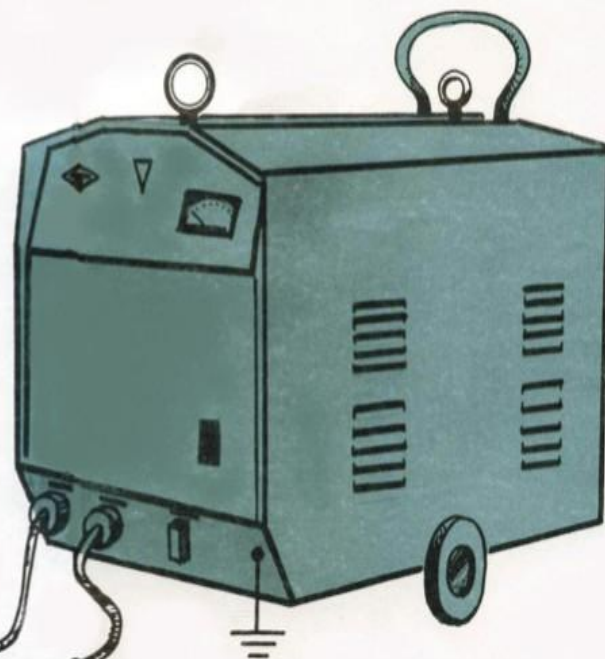
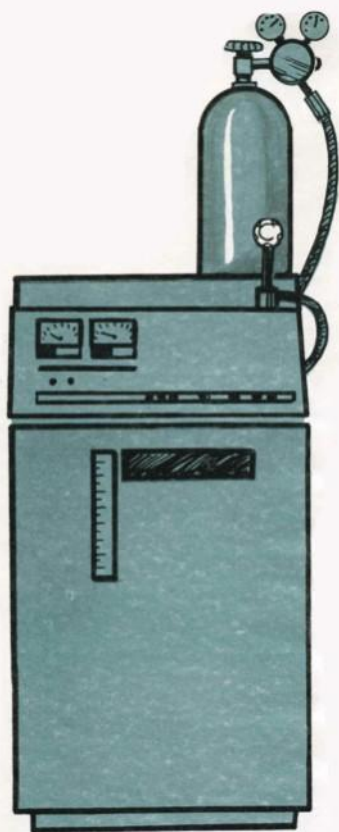


1. Сварочный трансформатор

2. Осциллятор

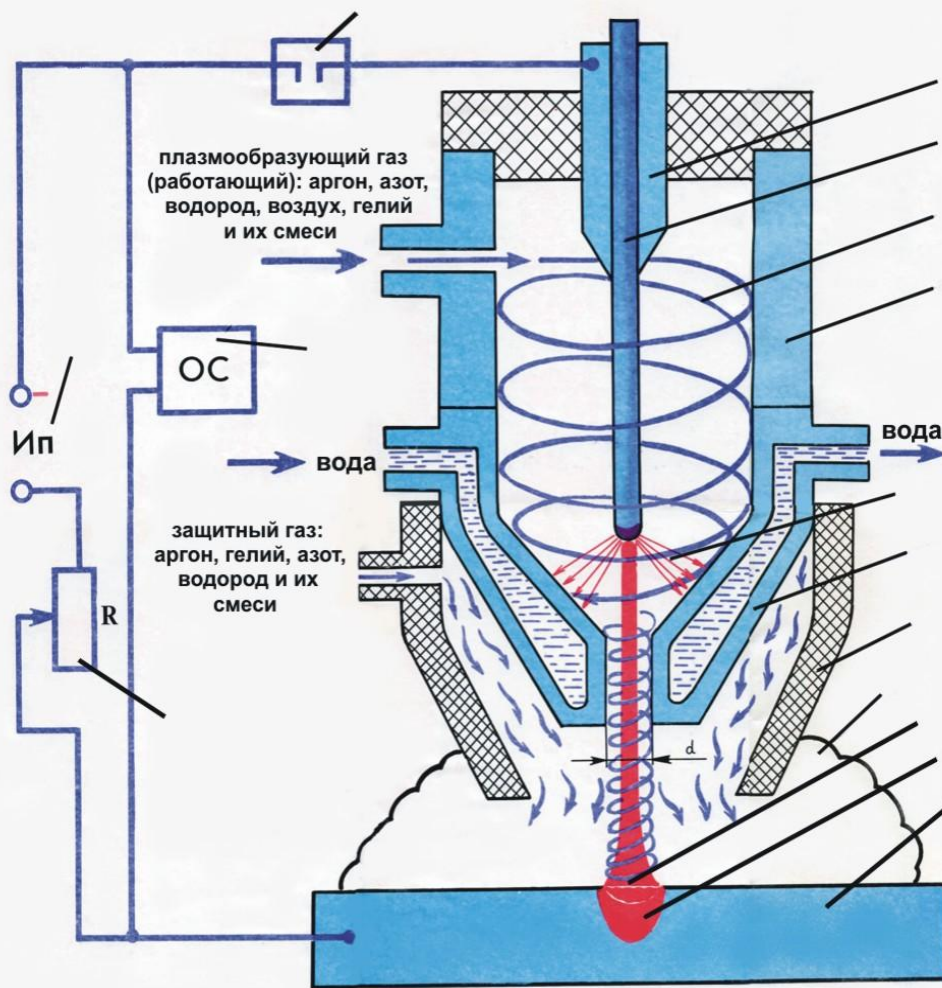
3. Заземление

Специализированные установки для аргонодуговой сварки (ТИР, УДГ, ИПП, АП, ГИД и др.)



РУЧНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА

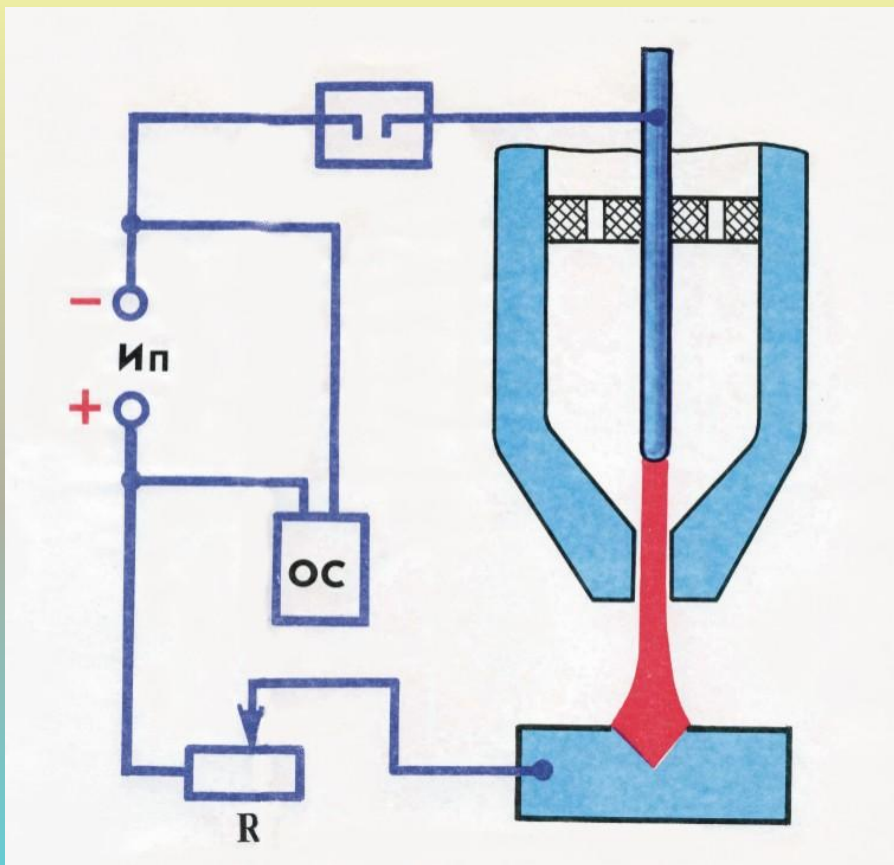
Плазмотрон



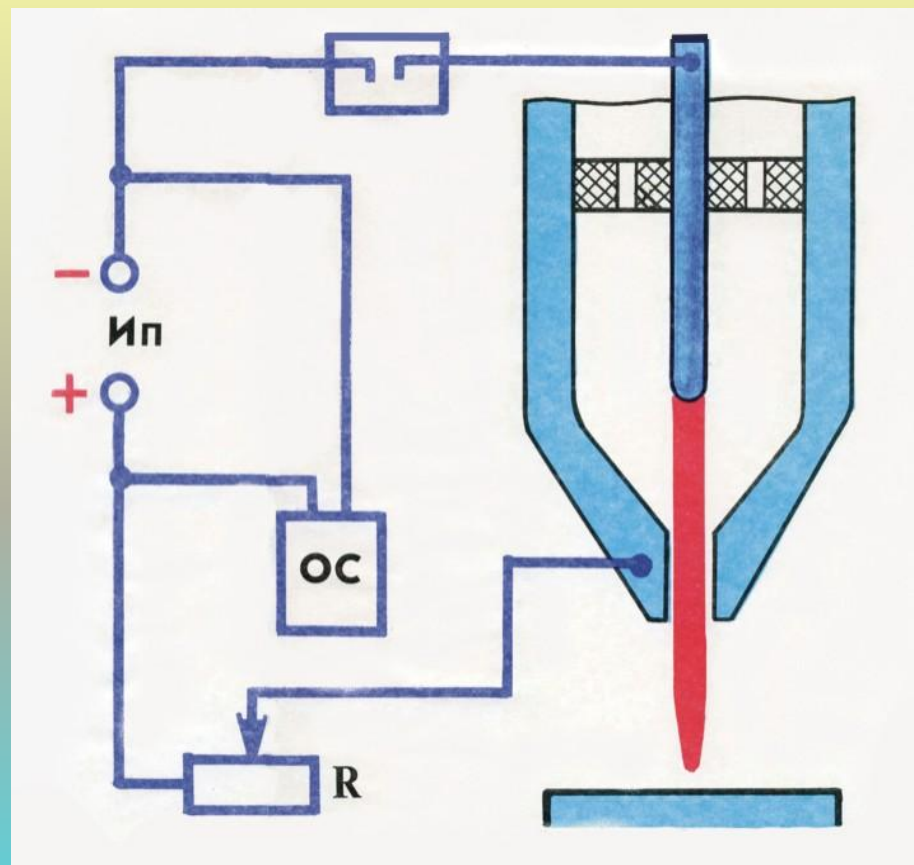
1. Основной металл (изделие)
2. Сварочная ванна
3. Сжатая дуга (струя)
4. Защитный газ
5. Защитное сопло горелки
6. Рабочее сопло горелки
7. Дежурная малоамперная дуга (вспомогательная)
8. Корпус горелки для плазменной сварки
9. Рабочая ионизационная камера
10. Вольфрамовый (циркониевый) электрод
11. Токпроводящий мундштук (цанга)
12. Аппаратура управления
13. Осциллятор
14. Источник питания дуги
15. Реостат для изменения силы тока в дуге

Схемы процессов плазменной сварки

сварки



Сжатой дугой прямого действия



**Сжатой дугой косвенного действия
(плазменной струей)**

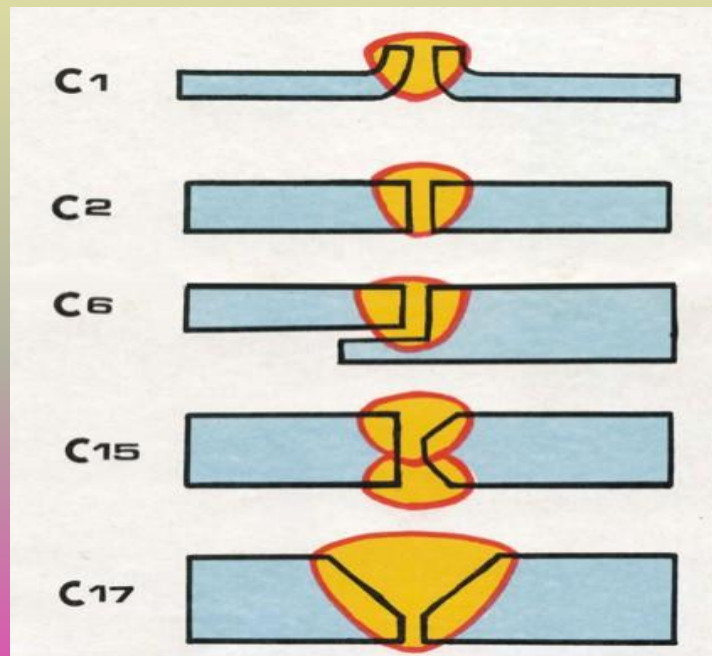
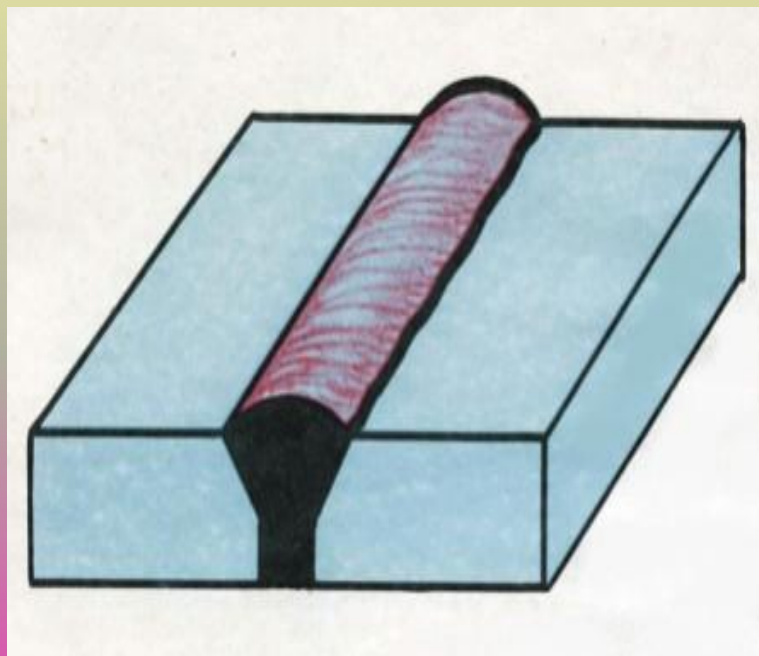
СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

(НЕРАЗЪЁМНЫЕ, ВЫПОЛНЕННЫЕ СВАРКОЙ)

Условное обозначение соединений

Сварное соединение

Условное обозначение

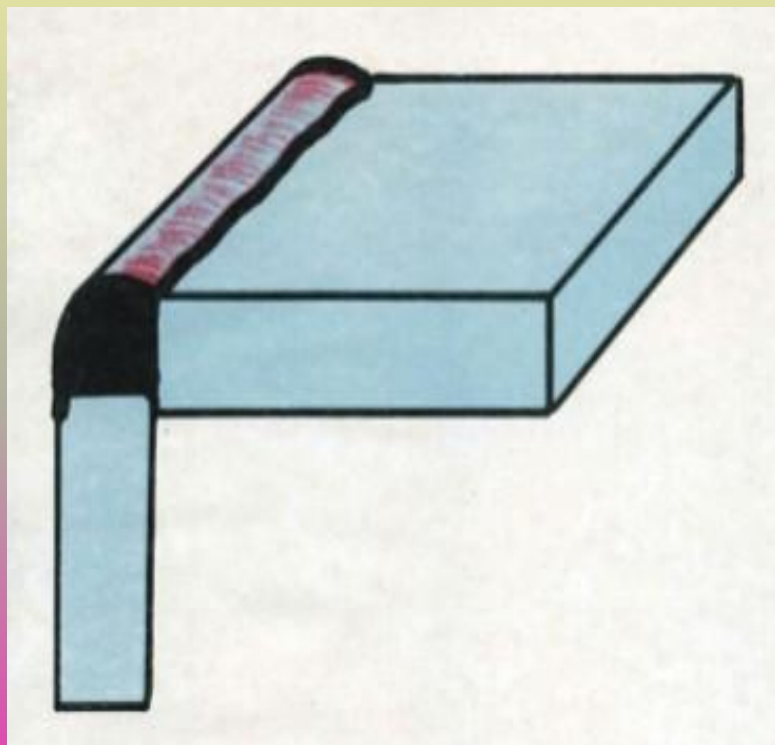


СТЫКОВОЕ

СТЫКОВОЕ – С1...С45

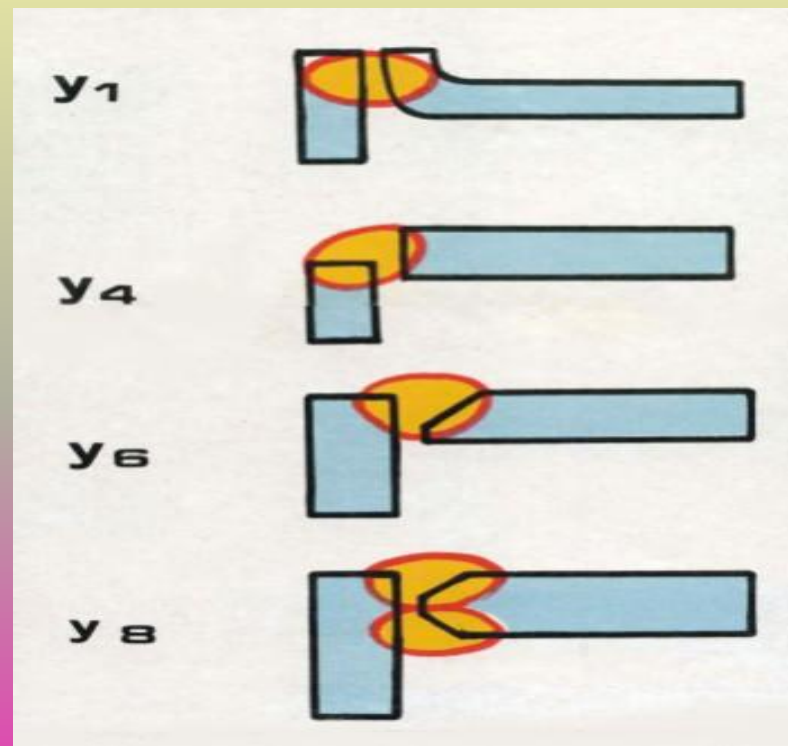
Условное обозначение соединений

Сварное соединение



УГЛОВОЕ

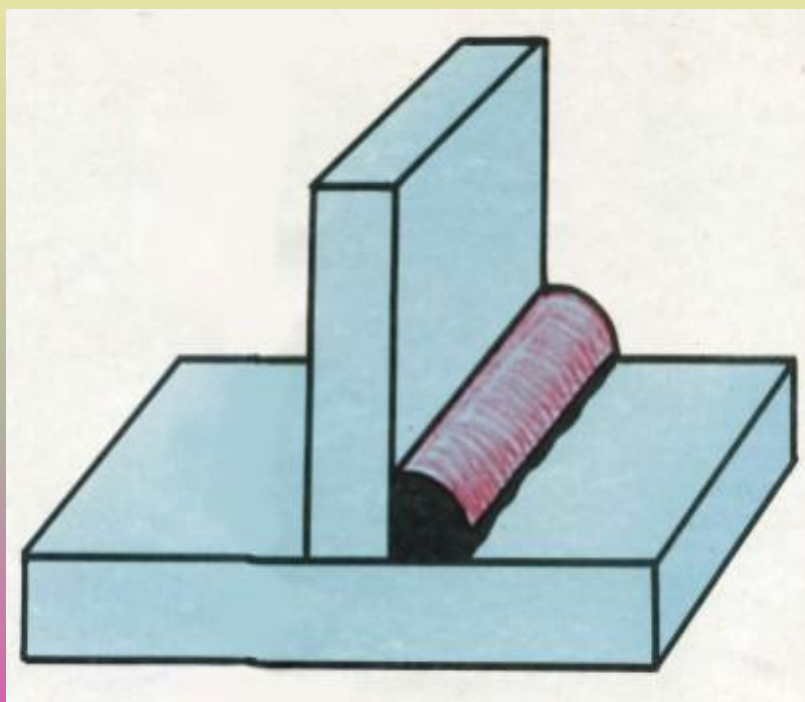
Условное обозначение



УГЛОВОЕ – У1...У10

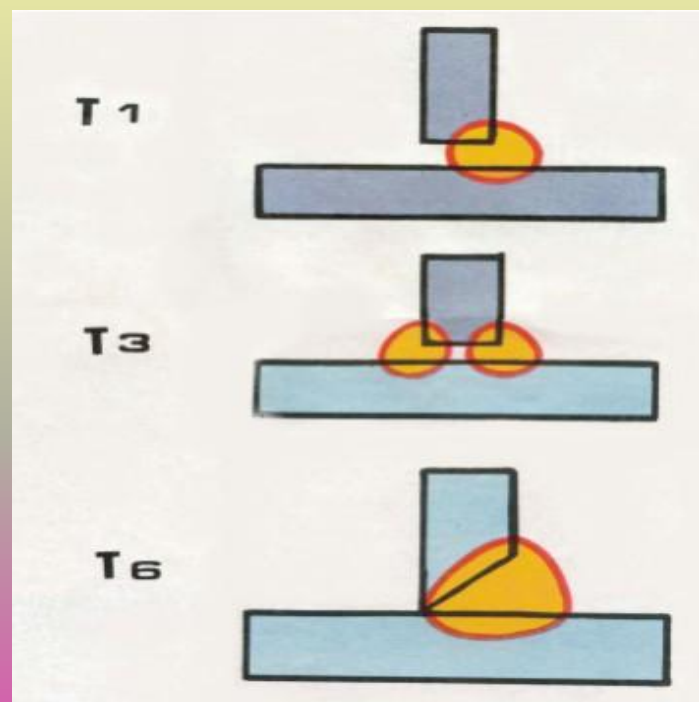
Условное обозначение соединений

Сварное соединение



Тавровое

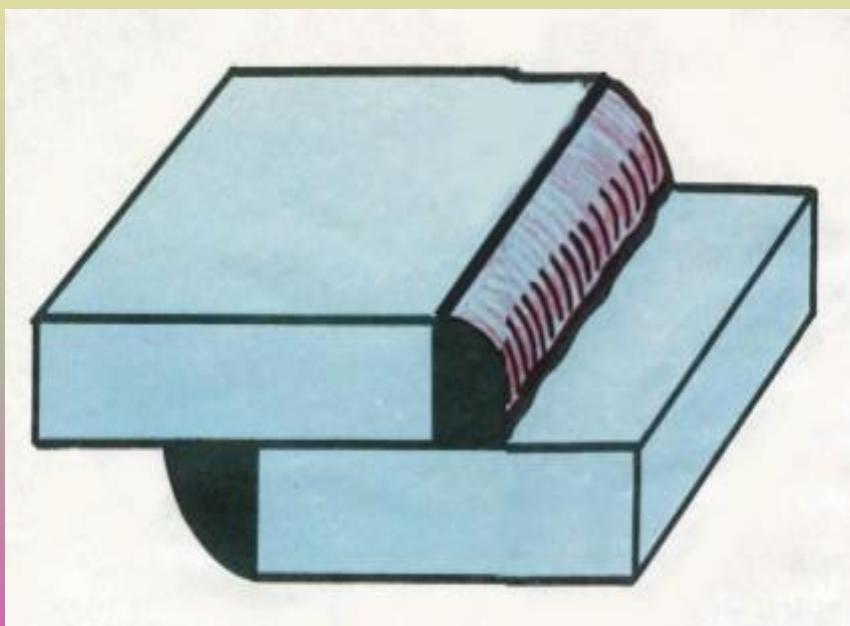
Условное обозначение



Тавровое – Т1...Т9

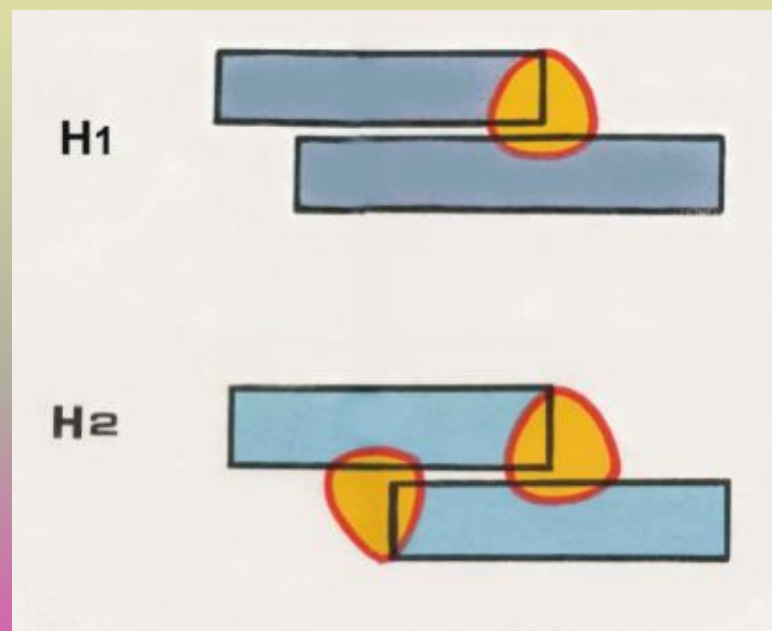
Условное обозначение соединений

Сварное соединение



Нахлестное

Условное обозначение

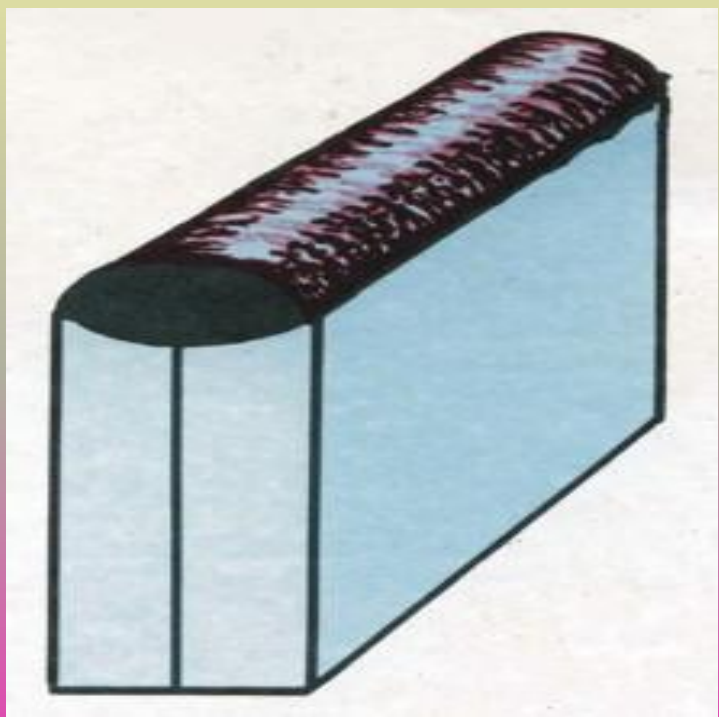


Нахлестное – H1...H2

Условное обозначение соединений

Сварное соединение

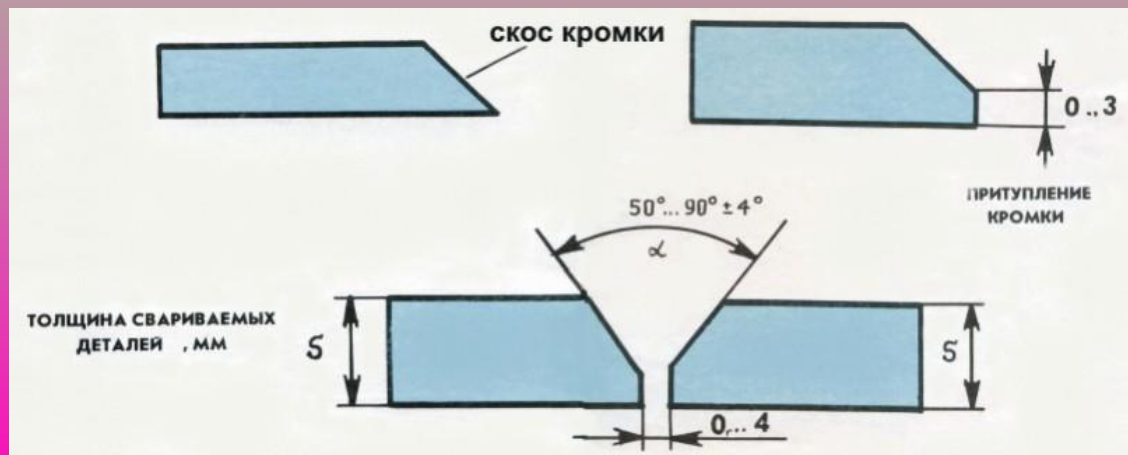
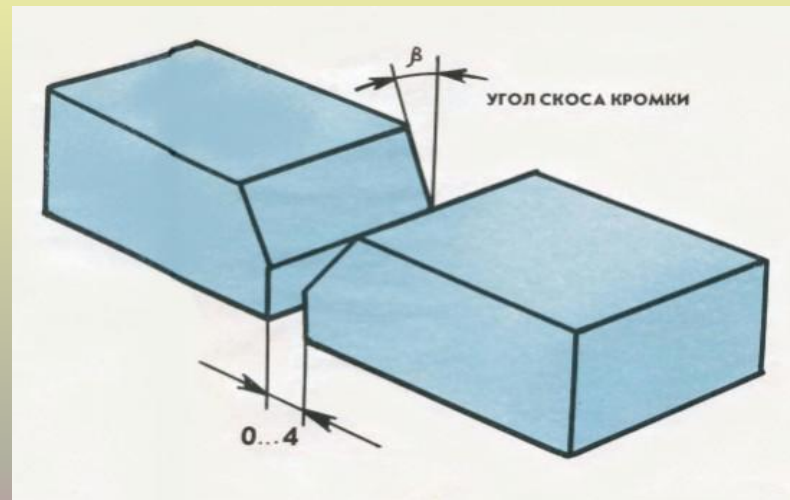
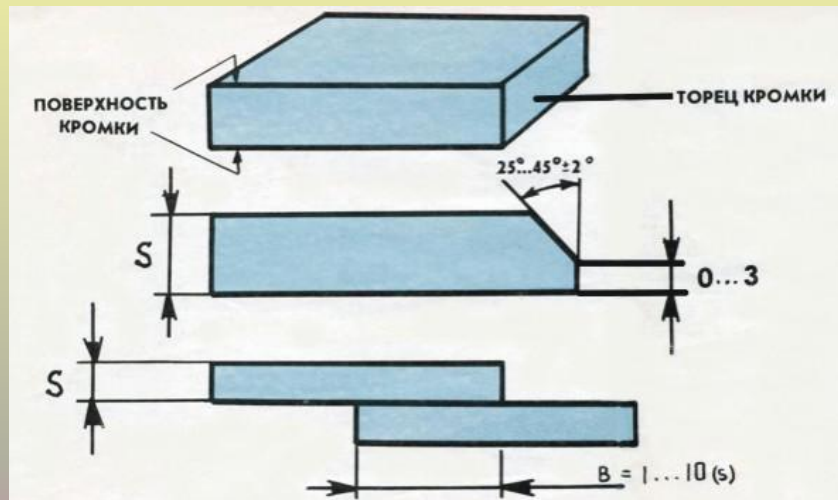
Условное обозначение



Нет обозначений

Торцовое

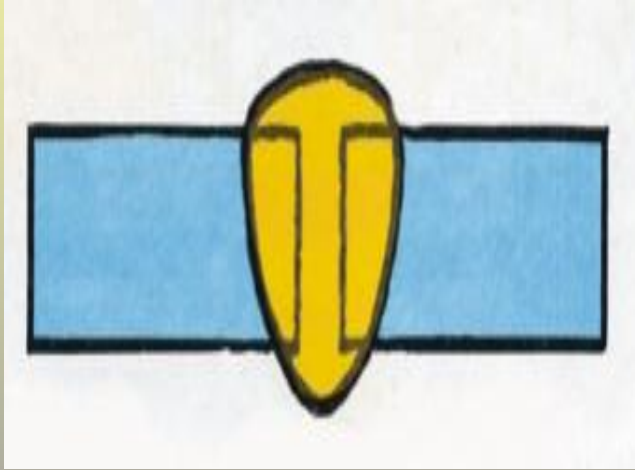
Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей



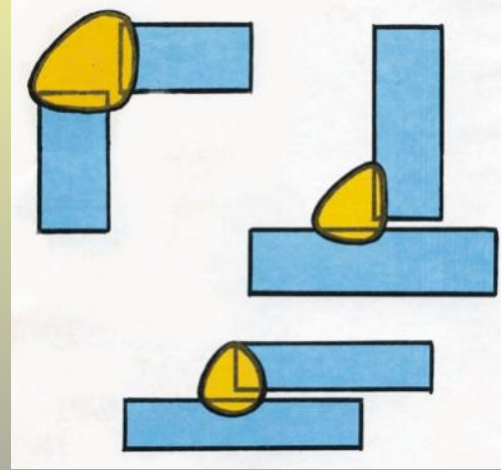
ШВЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Условное деление швов

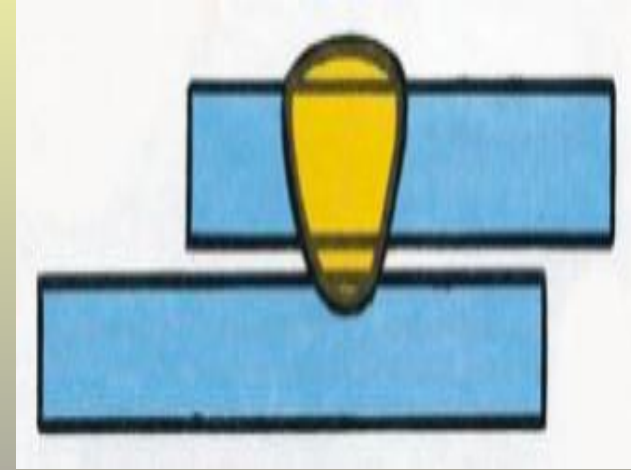
По типу соединения



Стыковые

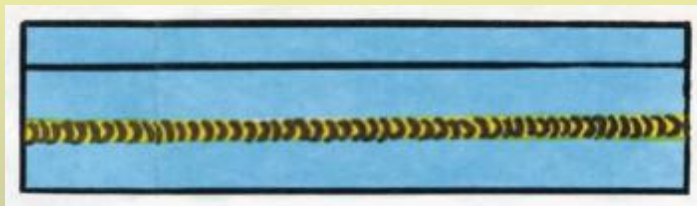


Угловые

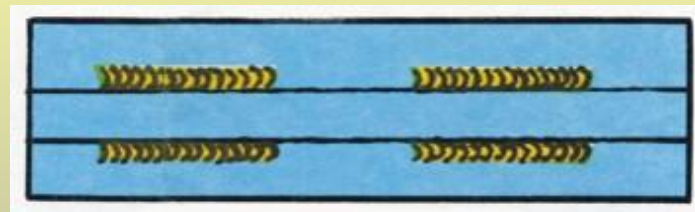


Точечные

По промежуткам в длине



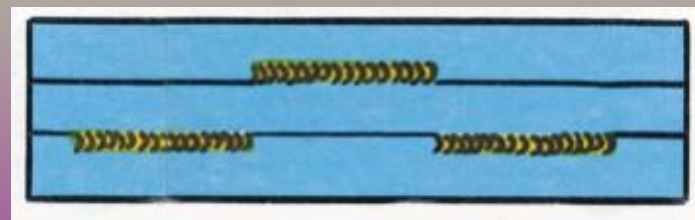
Непрерывные



Прерывистые цепные



Прерывистые

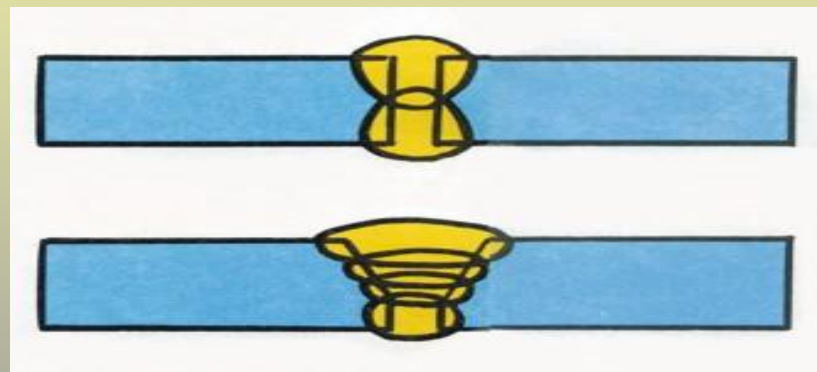


Прерывистые шахматные

По количеству слоёв (валиков)



Однослойные



Многослойные

По форме наружной поверхности



Нормальные

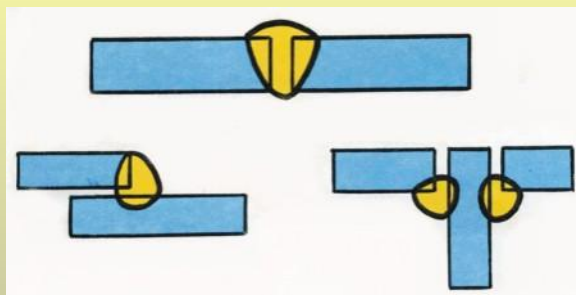


Вогнутые



Выпуклые

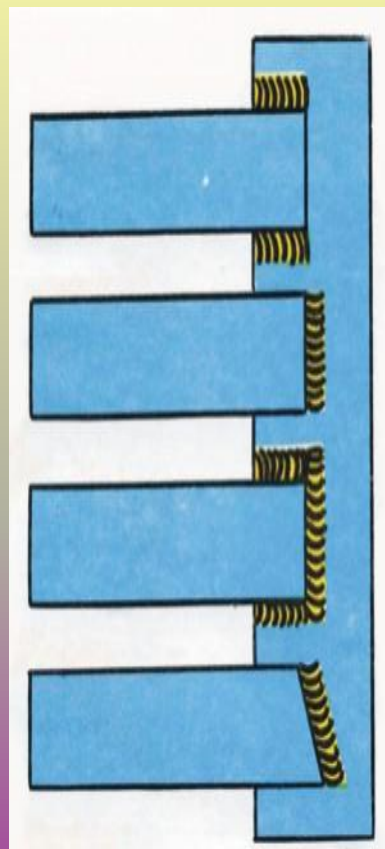
По отношению к нагрузкам



Рабочие стыковые
и угловые



Связующие



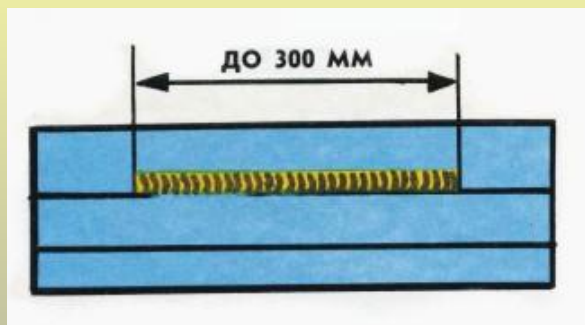
Фланговые

Лобовые

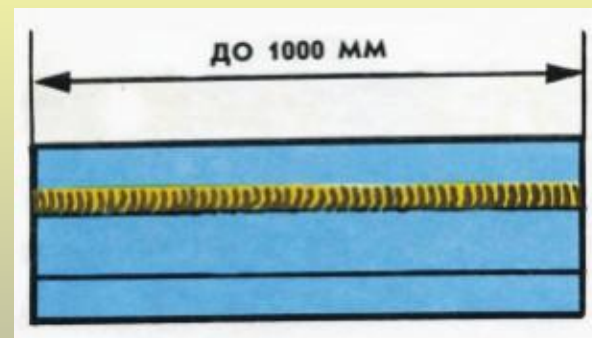
Комбинированные

Косые

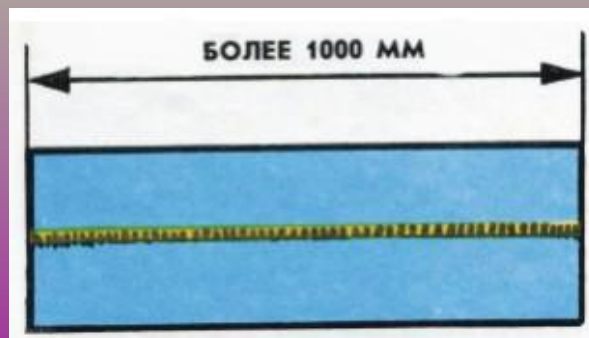
По длине соединения



Короткие

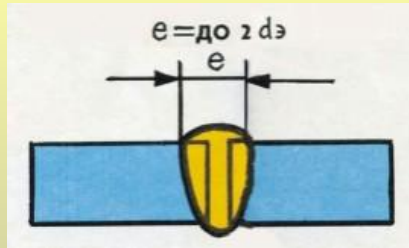


Средние

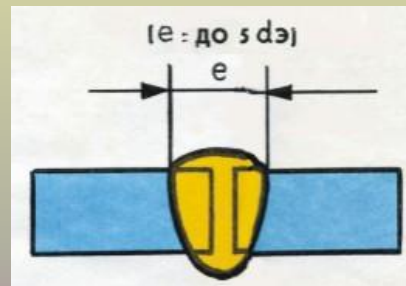


Длинные

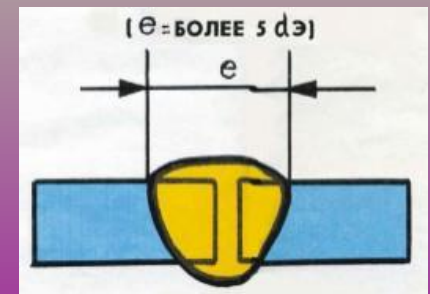
По ширине



Узкие
(ниточные)



Средние



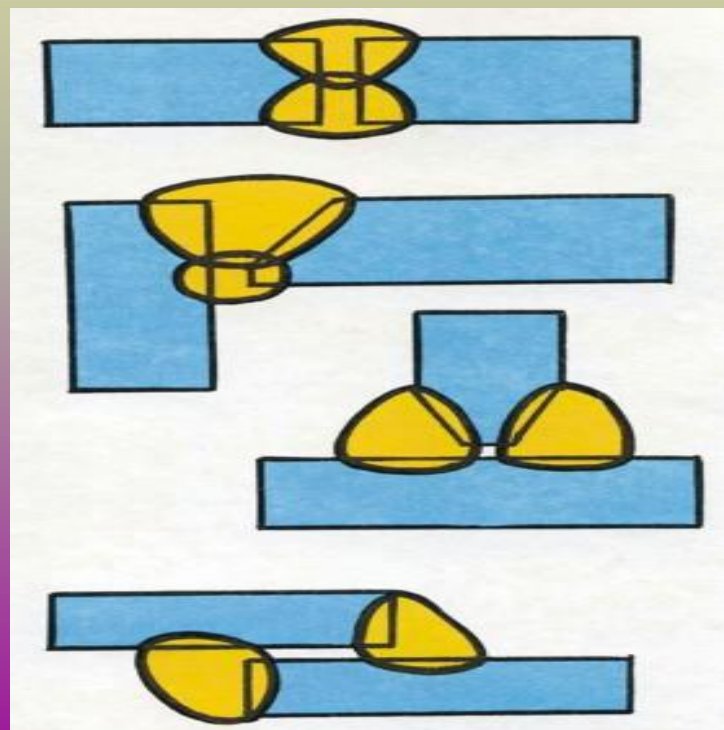
Широкие

По характеру выполнения

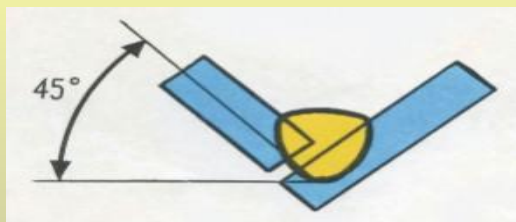
Односторонние



Двухсторонние



По положению сварки



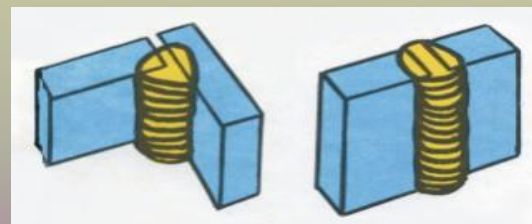
В лодочку – Л



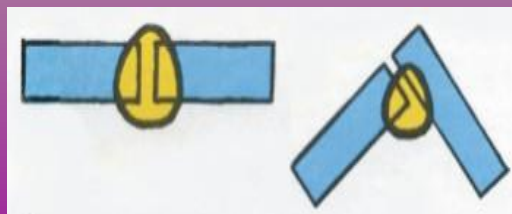
Горизонтальное – Г



Нижнее – Н

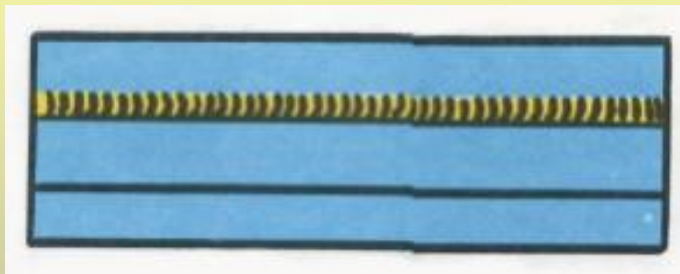


Вертикальное – В

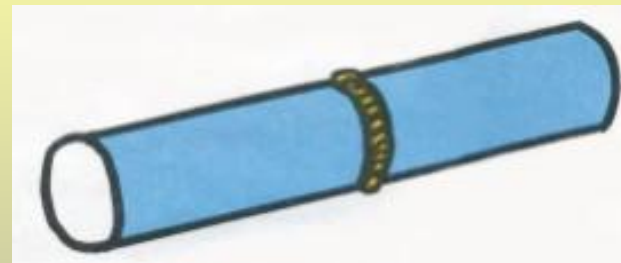


Потолочное – П

По конфигурации (направлению)



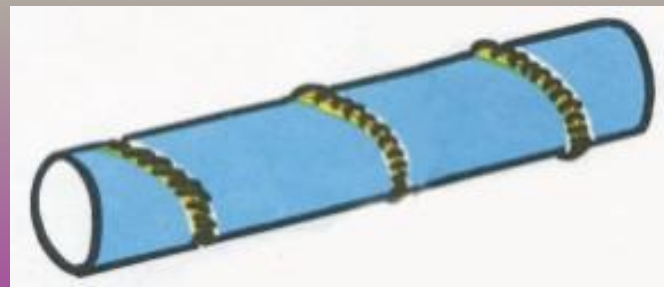
Прямолинейные



Кольцевые

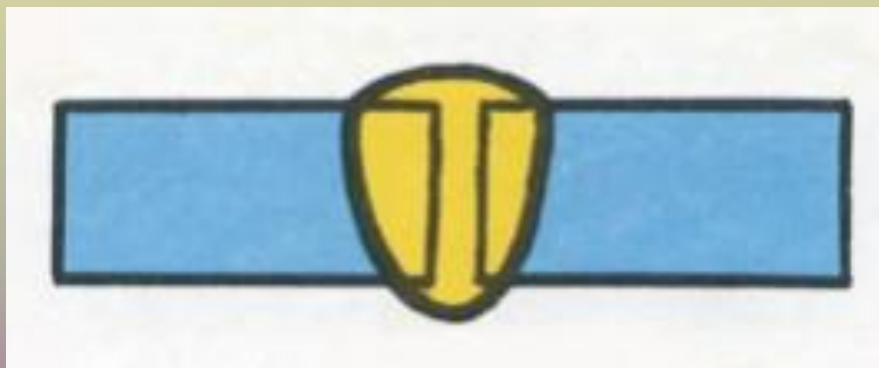


Криволинейные
(фигурные)



Кольцевые спиральные

По способу удержания сварочной ванны



На весу

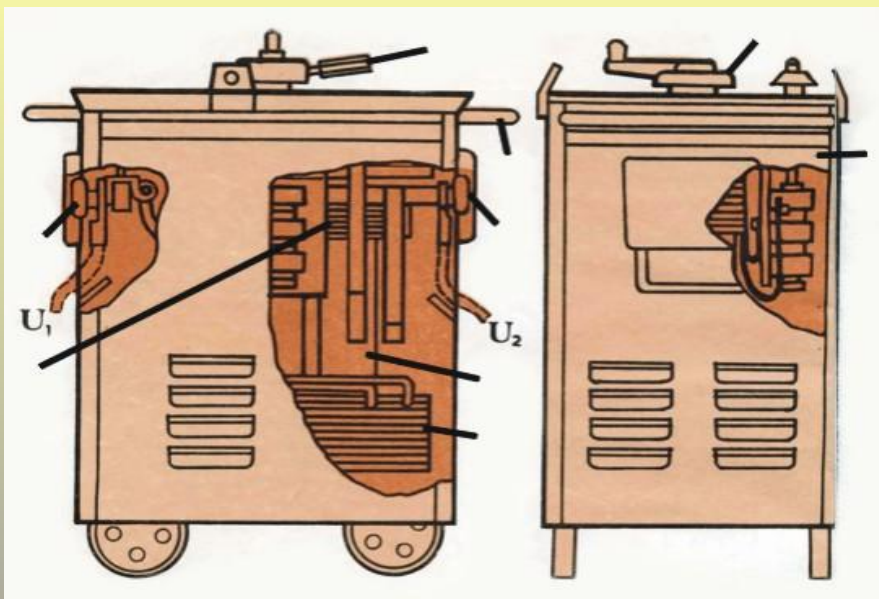


На подкладке

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА И ПОСТА

(ИСТОЧНИКИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА)

Общий вид сварочных трансформаторов ТД – 500 и СТШ - 500



ТД – 500

1 1 1. Рукоятка переключения диапазонов сварочного тока

2 2 2. Рукоятка плавной регулировки сварочного тока

3. Защитный кожух

3 3 трансформатора

4. Ручки трансформатора

4 4 5. Доска токовых зажимов

5 5 6. Стержневой стальной

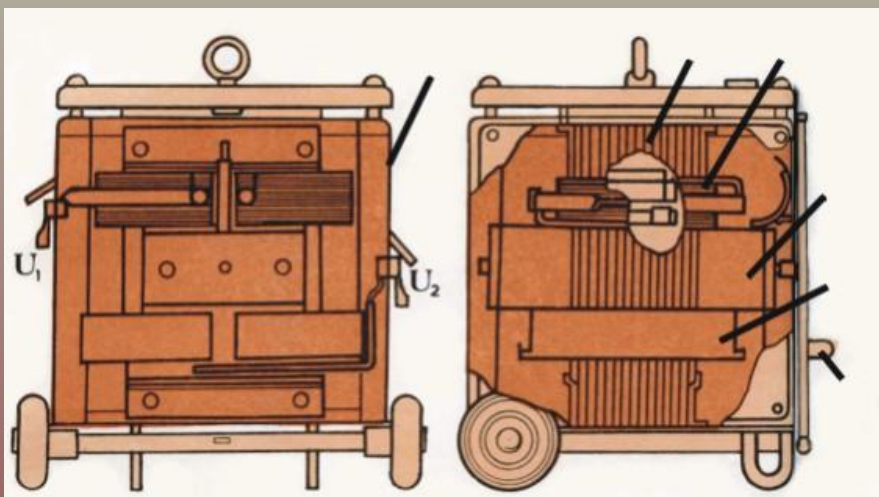
6 6 сердечник – магнитопровод

7. Вторичная обмотка

8. Первичная обмотка

9. Доска токовых зажимов

промышленной сети (200 В, 300 В)



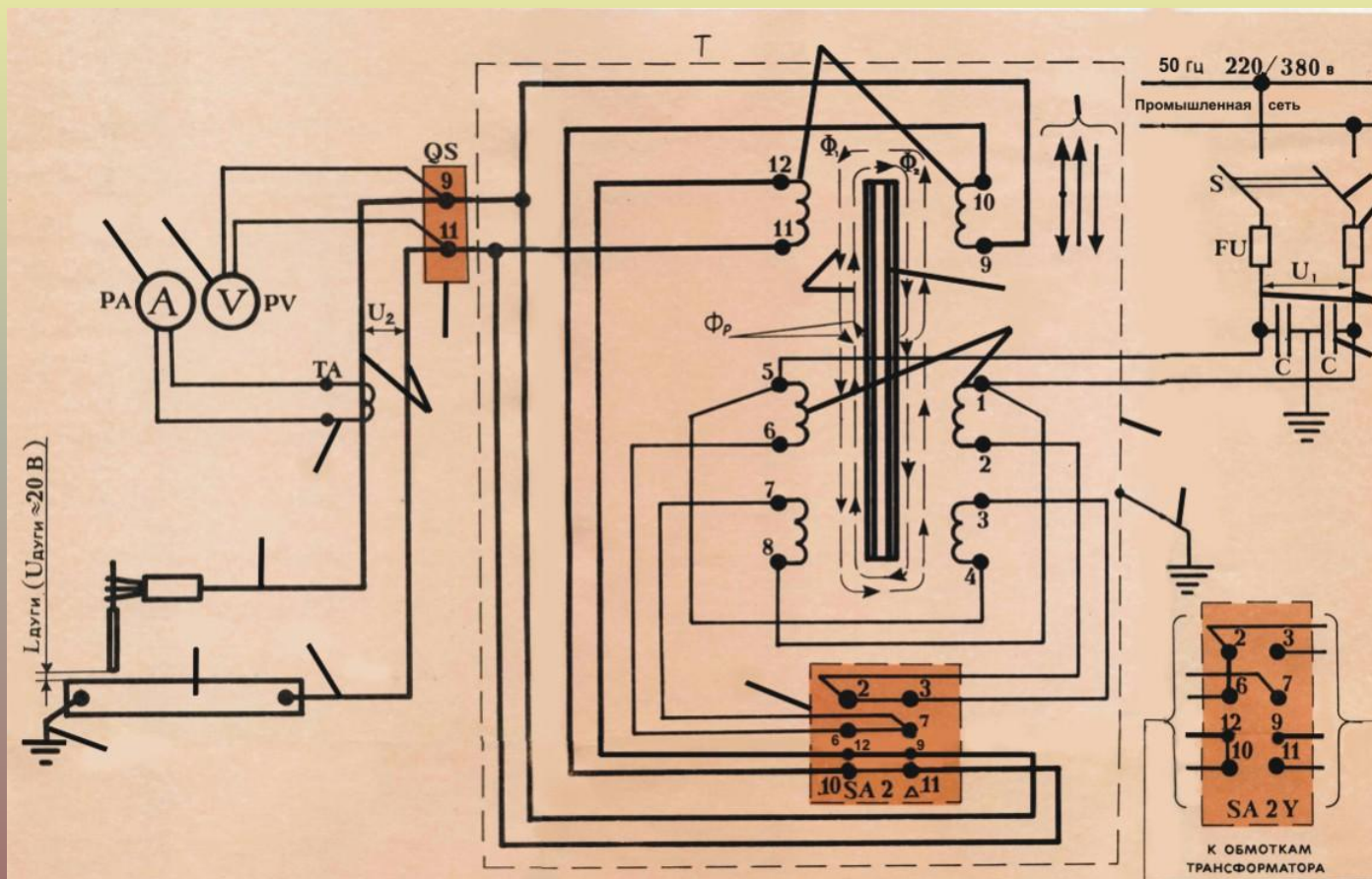
СТШ – 500

7 7 8. Первичная обмотка

8 8 9. Доска токовых зажимов

9 9 промышленной сети (200 В, 300 В)

Электрическая схема сварочного трансформатора типа ТД (ТДМ) с подвижной вторичной катушкой и поста



1. Рубильник (S)
2. Предохранитель плавкий (FU)
3. Электрические провода высокого напряжения
4. Конденсатор (C)
5. Кожух трансформатора
6. Заземление кожуха
7. Стальной сердечник-магнитопровод
8. Первичная катушка (обмотка)
9. Переменные магнитные потоки (Φ_1 и Φ_2 и потери рассеивания Φ_p)
10. Вторичная катушка подвижная
11. Регулирование силы тока за счёт плавного перемещения вторичной катушки
12. Доска зажимов (QS)
13. Переключатель диапазонов тока (обмотки трансформатора могут соединяться треугольником (большие токи) и звездой (малые токи))
14. Вольтметр (PV)
15. Амперметр (РА)
16. Измерительный трансформатор тока (ТА)
17. Провода низкого напряжения – сварочная цепь
18. Прямой сварочный провод
19. Заземление сварочного изделия (сварочного стола)
20. Свариваемое изделие
21. Обратный сварочный провод

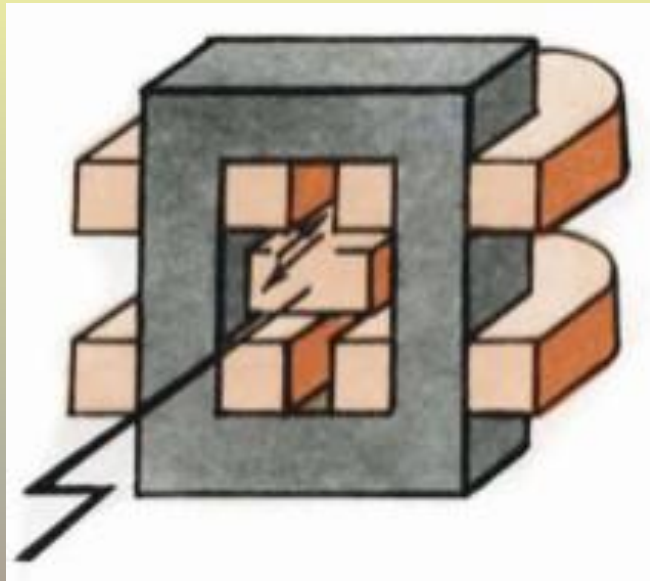
Рукоятка переключателя диапазонов тока



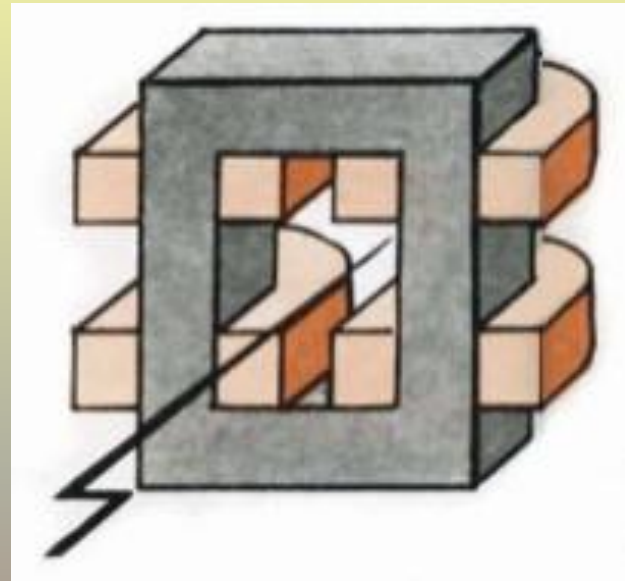
Положение 1 – Соединение треугольником – большой ток

Положение 2 - Соединение звездой – малый ток

Схема ручного передвижения магнитного шунта



А) Сила тока наименьшая (шунт помещён между катушками, магнитный поток проходит через него).



Б) Сила тока наибольшая (шунт удалён от катушек, магнитный поток проходит через стальной сердечник).

Схема ручного передвижения вторичной катушки трансформатора с помощью винтового устройства

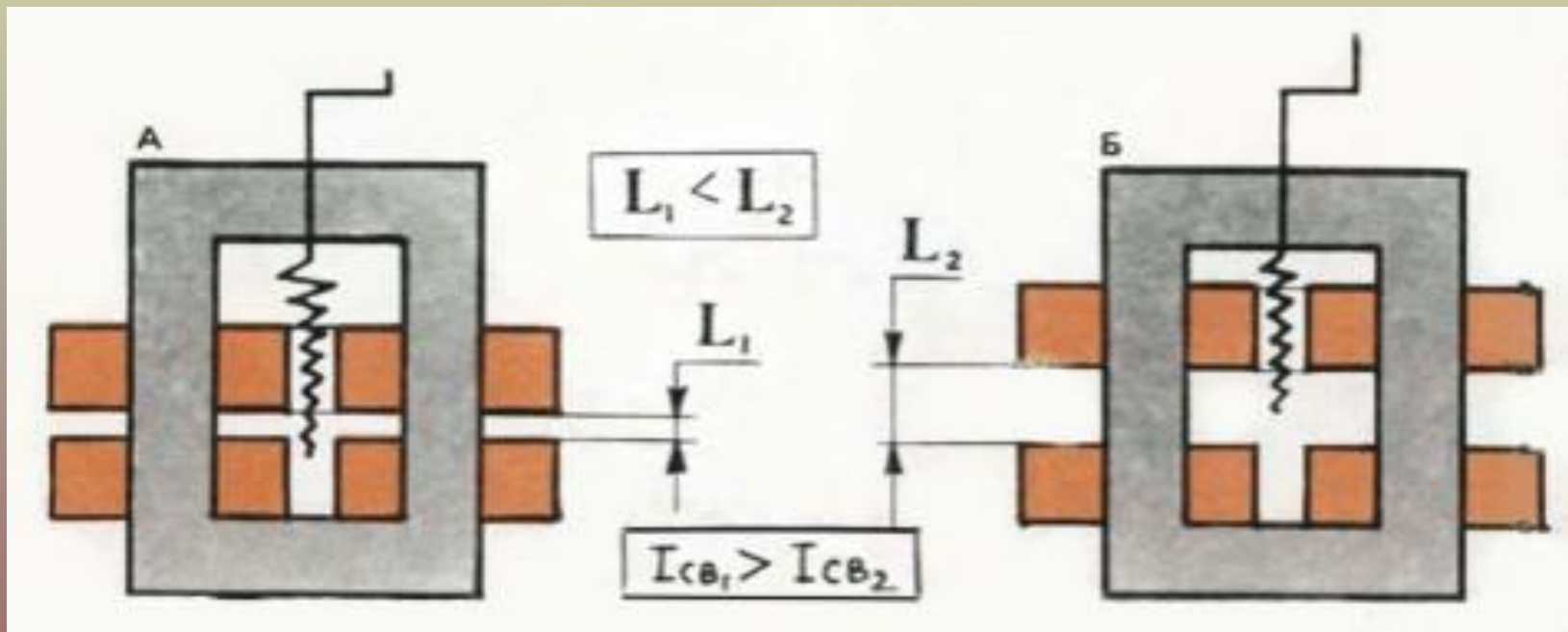
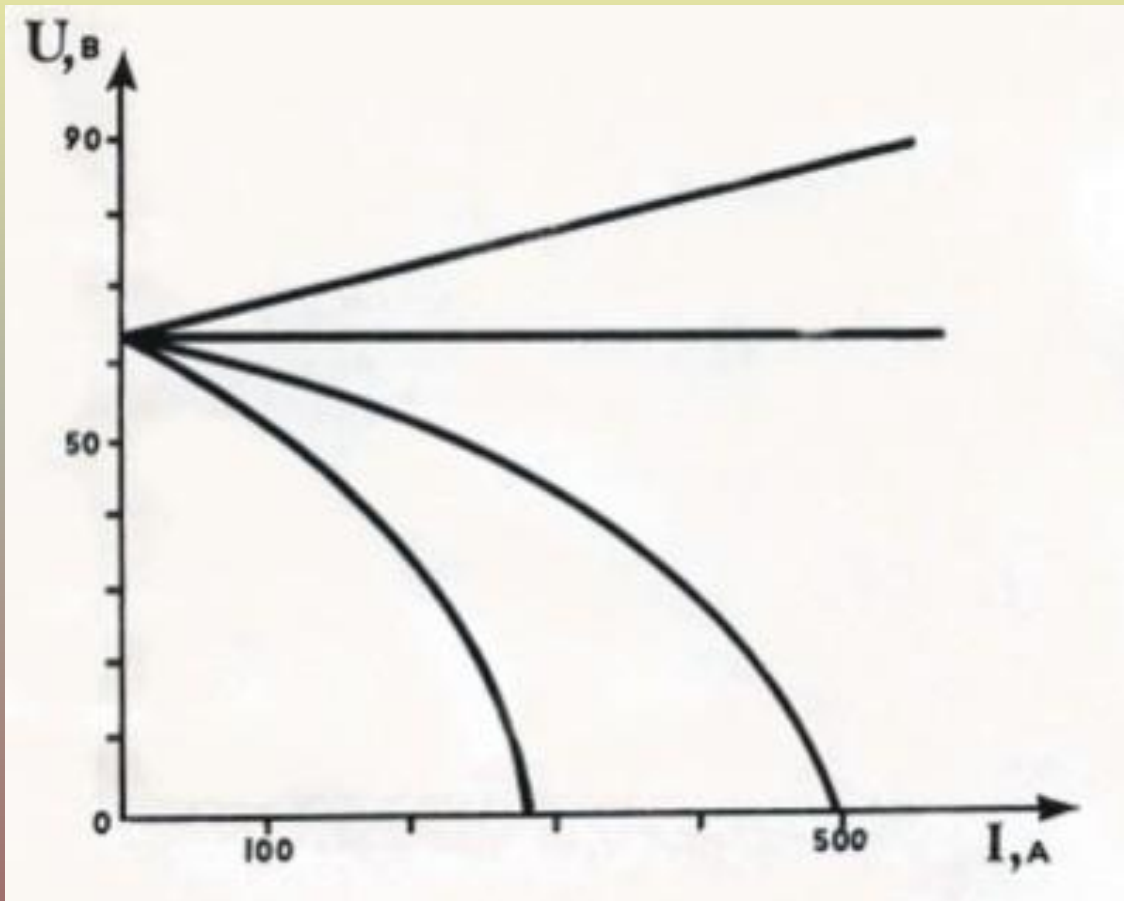
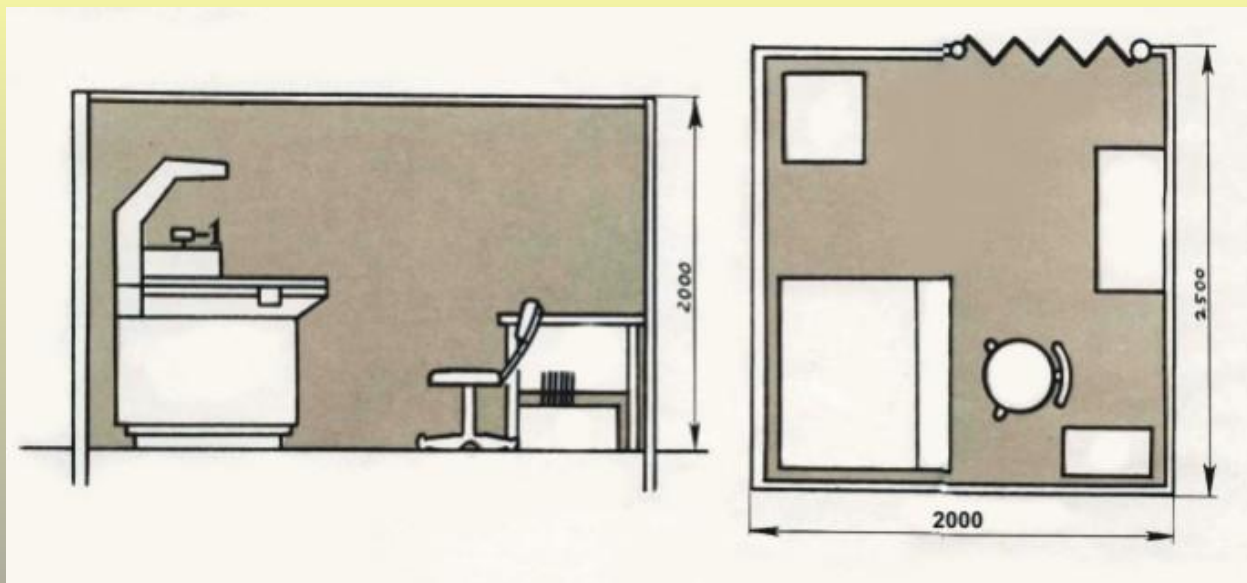


Схема внешних характеристик источников питания



1. Крутопадающая
2. Пологопадающая
3. Жёсткая
4. Возрастающая

Схема сварочного поста (кабины)



- 1 – Источник питания.
- 2 – Стол сварщика.
- 3 – Стул.
- 4 – Ящик для электродов.
- 5 – Стеллаж для деталей.

Сварщику

ЗАПРЕЩАЕТСЯ

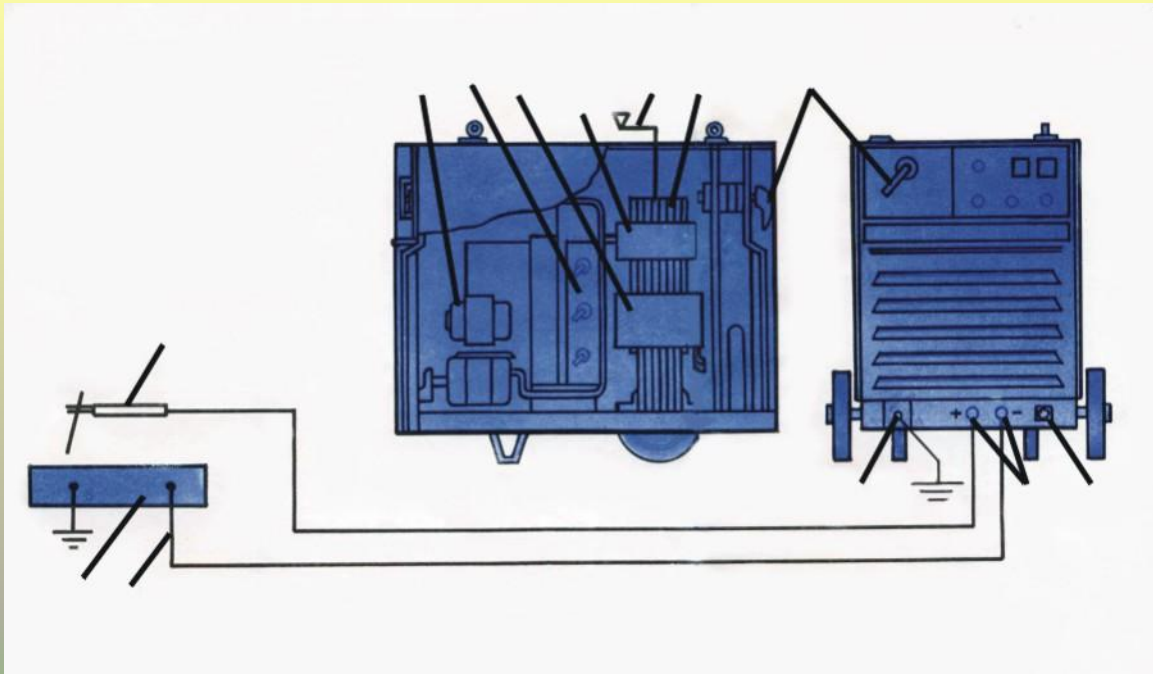
подключать

трансформатор к
промышленной сети

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА СВАРОЧНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ И ПОСТА

(источники постоянного тока)

Общий вид выпрямителя типа ВД – 306



- 1** 1. Вентилятор для охлаждения выпрямительного блока
- 2** 2. Выпрямительный блок
- 3** 3. Вторичная катушка
- 4** 4. Первичная катушка
- 5** 5. Рукоятка плавного изменения силы тока
- 6** 6. Стальной сердечник – магнитопровод
- 7** 7. Рукоятка ступенчатого переключения диапазонов тока (звезда-треугольник)
- 8** 8. Колодка штепсельного разъема
- 9** 9. Гнездо токовых сварочных разъемов
- 10** 10. Зажим для заземления кожуха выпрямителя
- 11** 11. Прямой сварочный провод
- 12** 12. Изделие
- 13** 13. Обратный сварочный провод

ТИПЫ СВАРОЧНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ:

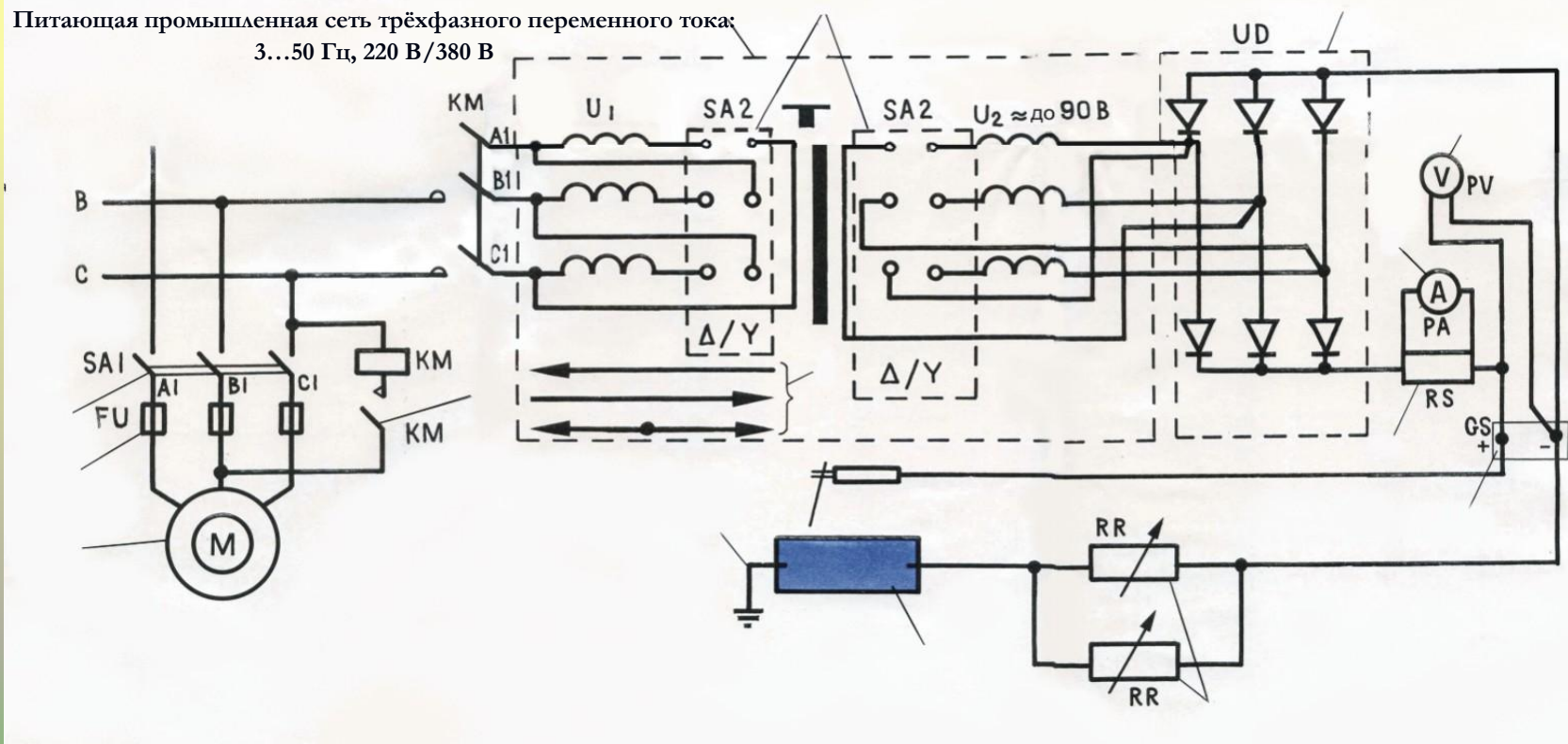
- Однопостовые

ВД, ВС, ВДГ, ВСЖ, ВДУ

- Многопостовые

ВКСМ, ВДМ, ВМГ, ВДУМ

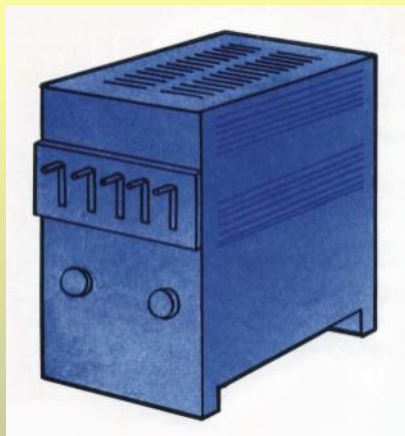
Электрическая схема сварочного выпрямителя типа ВД и поста



1. Выключатель пакетный (SA1)
2. Предохранители плавкие (FU)
3. Электродвигатель 3-х фазный асинхронный для охлаждения блока полупроводниковых выпрямителей
4. Контактор, магнитный пускатель (KM)
5. Силовой трёхфазный трансформатор, понижающий
6. Переключатель диапазонов тока (SA2)
- 6 - большие токи
- малые токи
7. Регулирование силы тока за счёт плавного перемещения первичной обмотки
8. Полупроводниковый блок выпрямителей (набор вентилей, диодов) (UD)

9. Вольтметр (PV)
10. Амперметр (PA)
11. Измерительный шунт (RS)
12. Токовые разъемы сварочной цепи
13. Реостат балластный (RR)
14. Свариваемое изделие
15. Заземление сварного изделия (стола)

Общий вид балластного реостата (РБ - 300)



Электрическая схема реостата (РБ - 300)

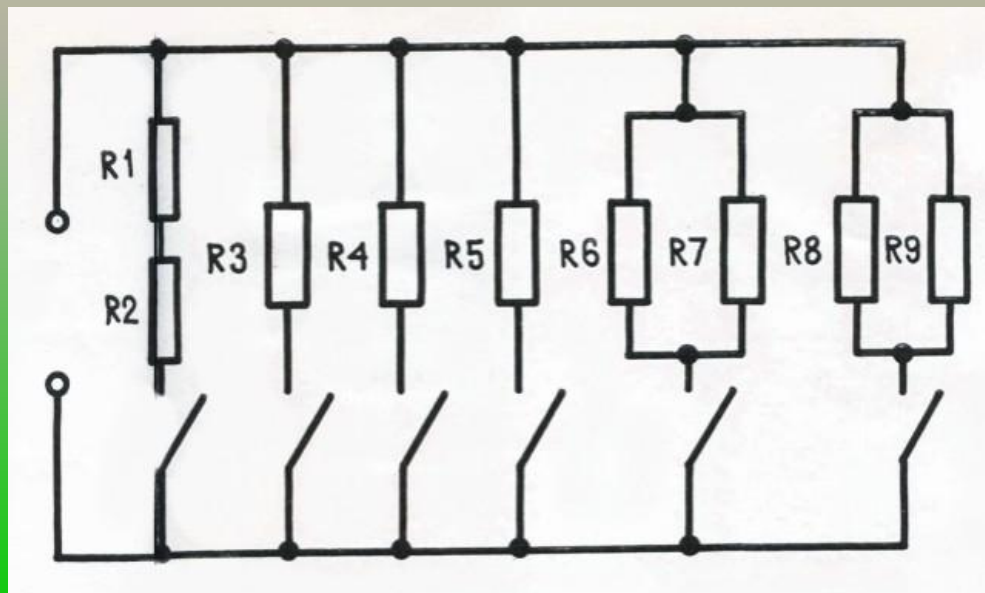


Схема влияния характеристик источников на колебания силы тока при разных направлениях дуги (либо длины дуги)

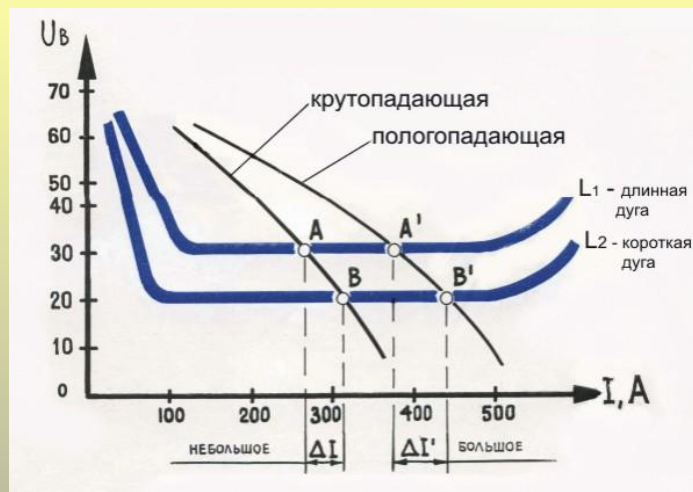
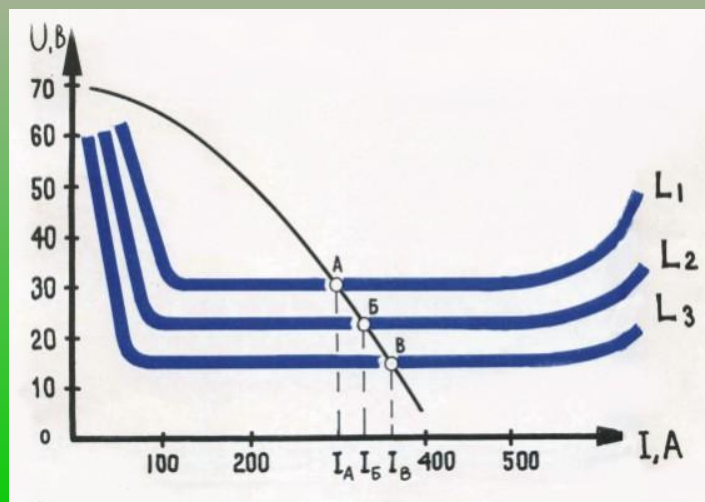


Схема влияния напряжения дуги (U_d), либо её длины (L) на силу тока (I) при крутопадающей характеристике источника питания



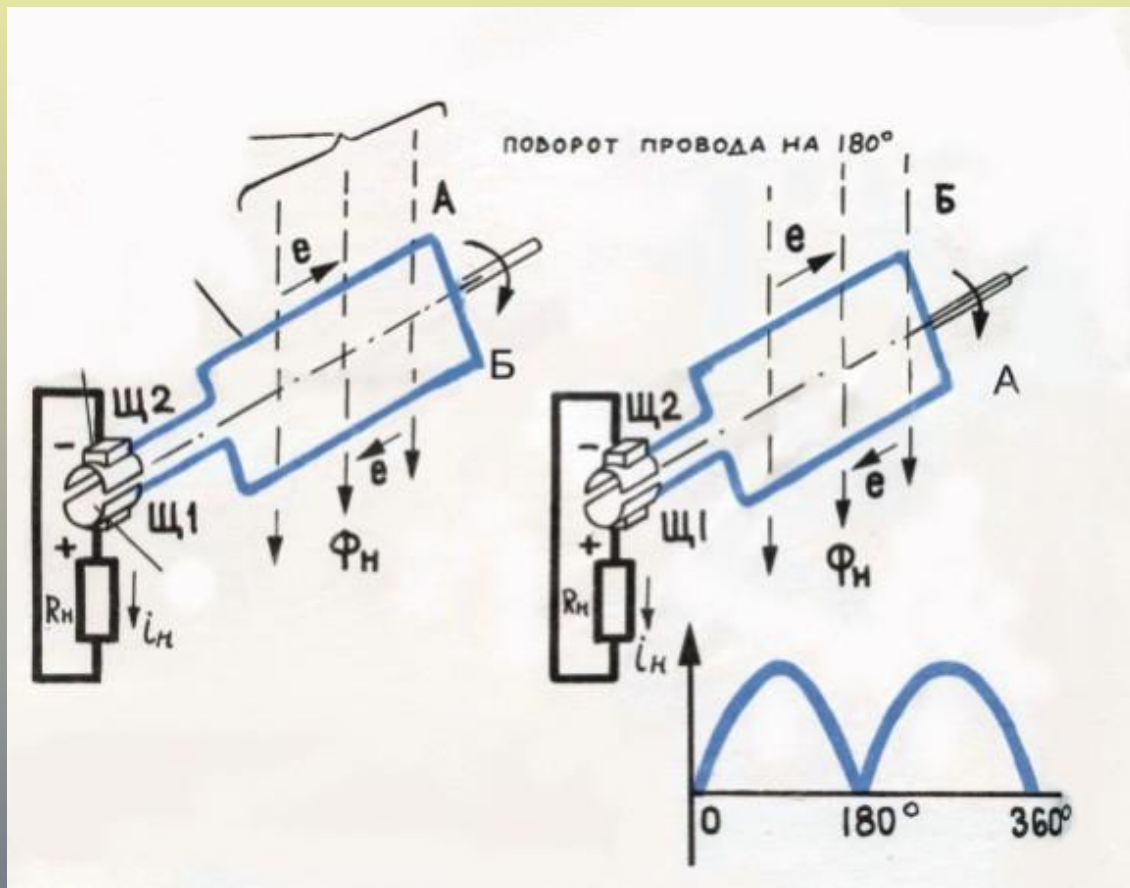
СВАРЩИКУ

ЗАПРЕЩАЕТСЯ

подключать выпрямитель к
промышленной сети

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
СХЕМА СВАРОЧНОГО
ГЕНЕРАТОРА И ПОСТА
(ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА)**

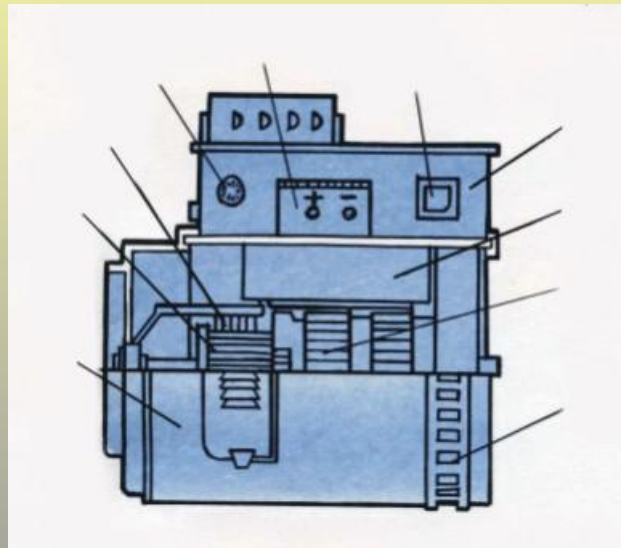
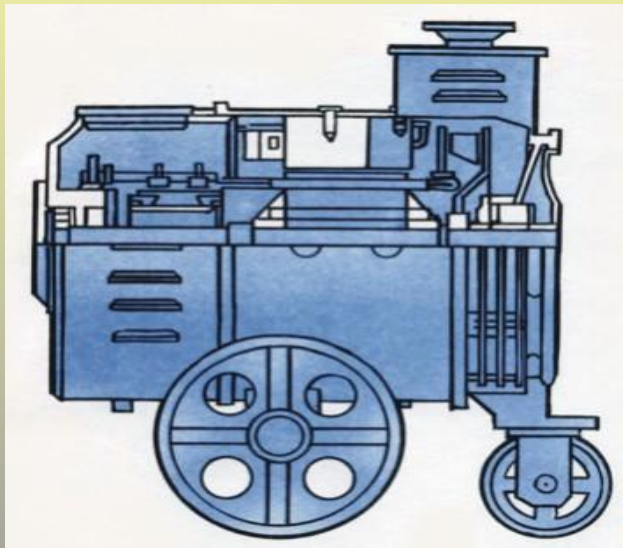
Схема простейшего коллекторного генератора (преобразователя, агрегата)



1. Коллектор
2. Токосъёмные щётки (Щ1, Щ2)
3. Электрический провод (обмотка)
4. Магнитный поток (Φ_K)

Коллекторные сварочные источники ПОСТОЯННОГО ТОКА

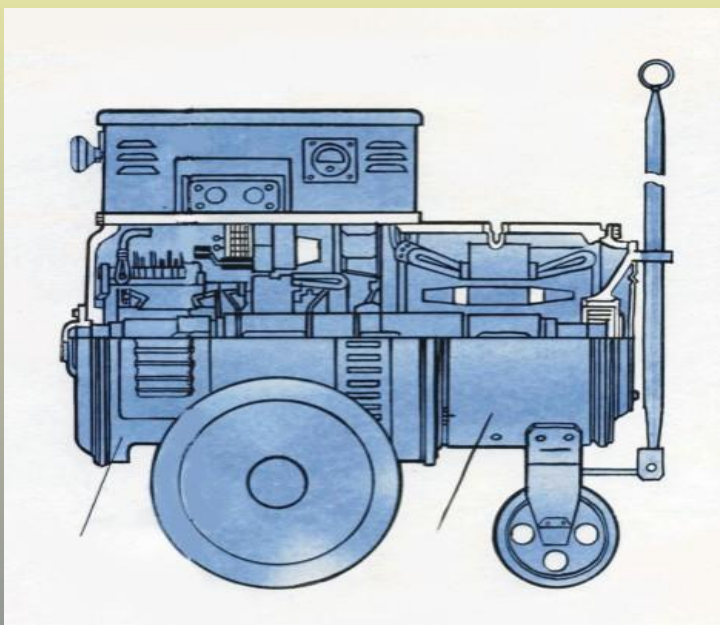
Генератор (Г)



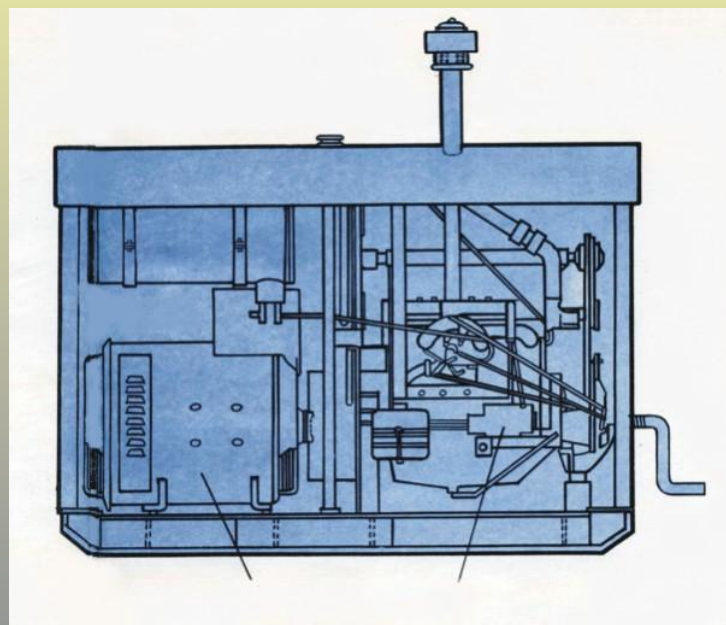
1. Вентилятор
2. Якорь
3. Электромагнитные полюса
4. Распределительное устройство (коробка) с аппаратурой управления
5. Амперметр
6. Доска зажимов (клемм) сварочной цепи
7. Маховик регулировки силы тока (плавной)
8. Коллектор
9. Токосъемные щётки
- 10 Корпус генератора

Коллекторные сварочные источники постоянного тока

Преобразователь



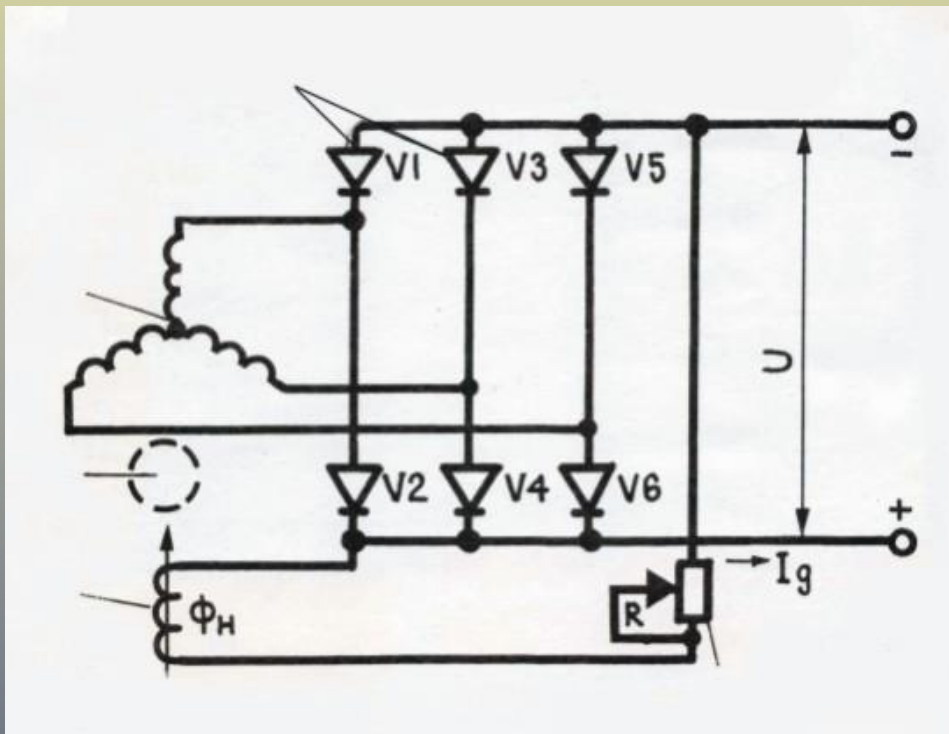
Агрегат (Г + ДВС)



- 1** 1. Генератор (Г).
- 2** 2. Электродвигатель (Э).
- 3** 3. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Электрические схемы сварочных генераторов

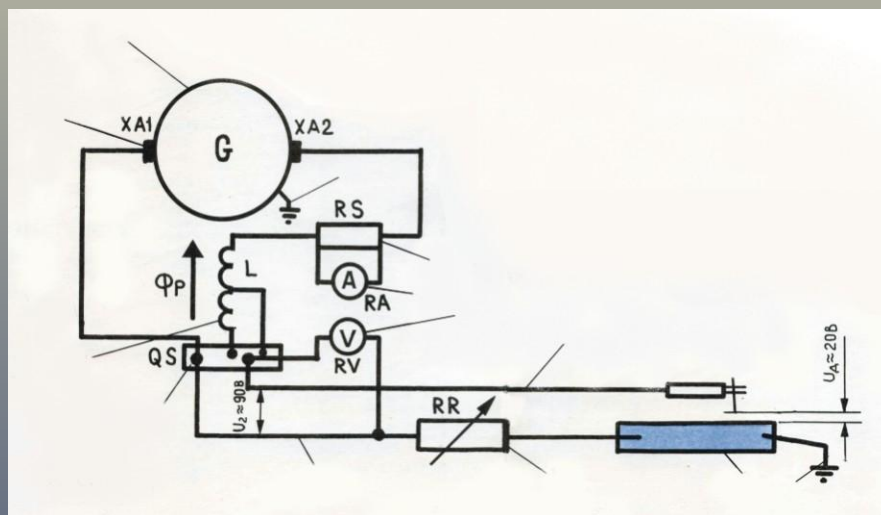
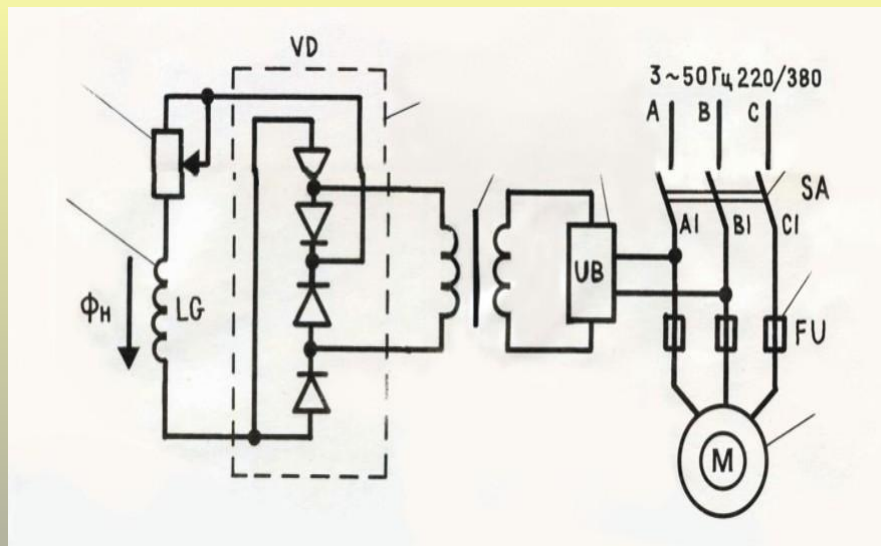
Электрическая схема вентильного генератора (преобразователя, агрегата)



- 1** 1. Выпрямительный блок (V1...V6).
- 2** 2. Неподвижный статор.
- 3** 3. Вращающийся ротор (индуктор).
- 4** 4. Обмотка возбуждения (Φ_k).
- 5** 5. Регулятор силы тока (плавный).

Электрические схемы сварочных генераторов

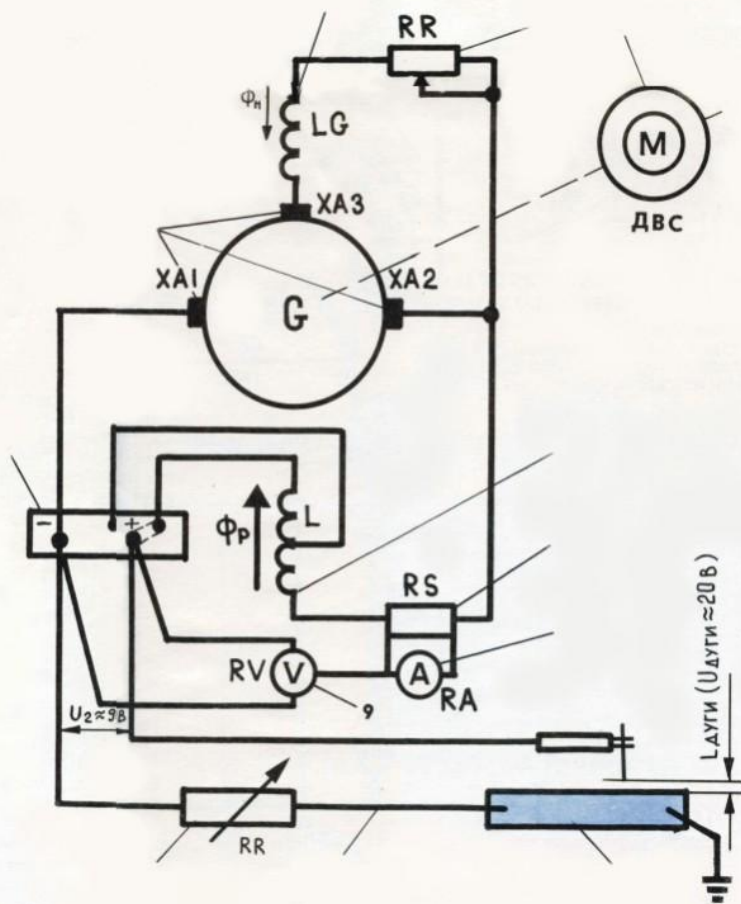
С независимым возбуждением



- 1 1. Рубильник (SA).
- 2 2. Предохранитель плавкий (FU).
- 3 3. Электродвигатель (М) трёхфазного тока, асинхронный.
- 4 4. Стабилизатор напряжения (U B).
- 5 5. Трансформатор напряжения (TV).
- 6 6. Блок полупроводниковых выпрямителей (диодов) (VD).
- 7 7. Резистор (RR) – реостат.
- 8 8. Обмотка возбуждения генератора (LG).
- 9 9. Генератор (G).
- 10 10. Токосъёмники (меднографитовые щётки) – XA1, XA2.
- 11 11. Размагничивающая последовательно обмотка генератора (L), создающая магнитный поток Φ_p .
- 12 12. Зажимная доска (разъединитель).
- 13 13. Заземление генератора.
- 14 14. Шунт измерительный (RS).
- 15 15. Амперметр (РА).
- 16 16. Вольтметр (РV).
- 17 17. Прямой сварочный провод .
- 18 18. Обратный сварочный провод.
- 19 19. Резистор (RR) – реостат.
- 20 20. Свариваемое изделие.
- 21 21. Заземление изделия.

Электрические схемы сварочных генераторов

С самовозбуждением

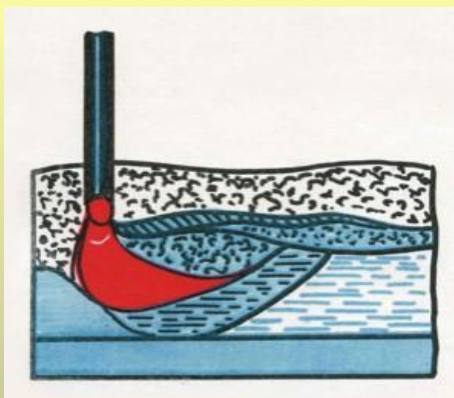


- 1 1. Двигатель внутреннего сгорания (дизельный или карбюраторный).
- 2 2. Резистор (RR - сопротивление).
- 3 3. Обмотка возбуждения генератора.
- 4 4. Токосъёмники XA1, XA2, XA3.
- 5 5. Разъединитель (доска зажимов).
- 6 6. Размагничивающая обмотка.
- 7 7. Шунт измерительный.
- 8 8. Амперметр (РА).
- 9 9. Вольтметр (РV).
- 10 10. Резистор (RR - сопротивление).
- 11 11. Обратный сварочный провод.
- 12 12. Свариваемое изделие.

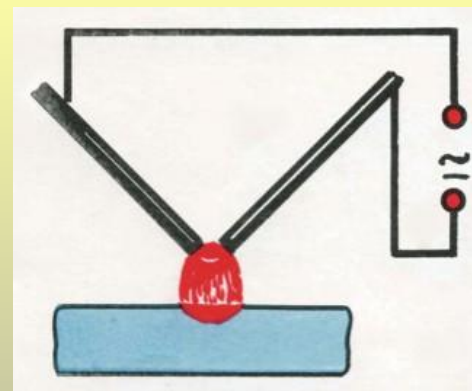
Низкая сварочная цепь

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРОЧНАЯ ДУГА

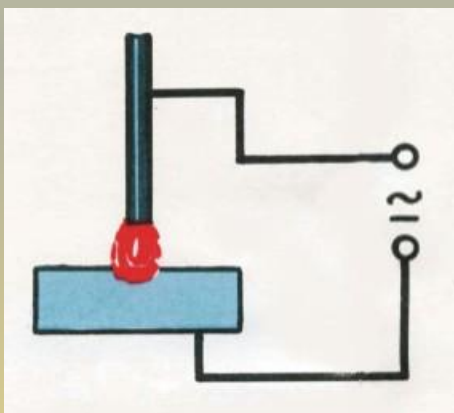
Виды действия



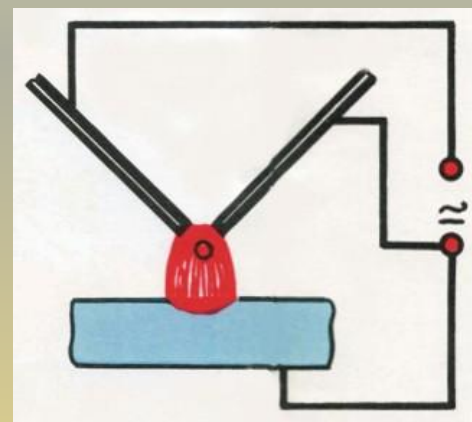
Закрытая (под флюсом)



Косвенного действия

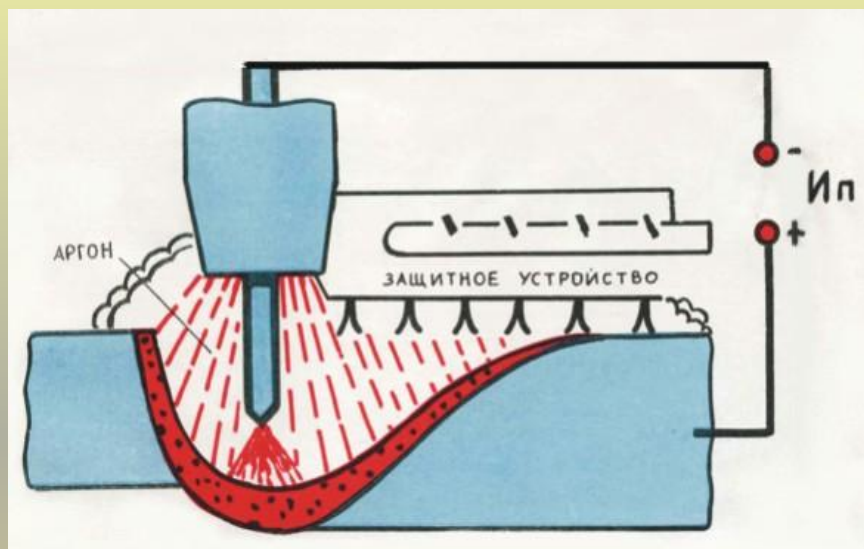


Прямого действия

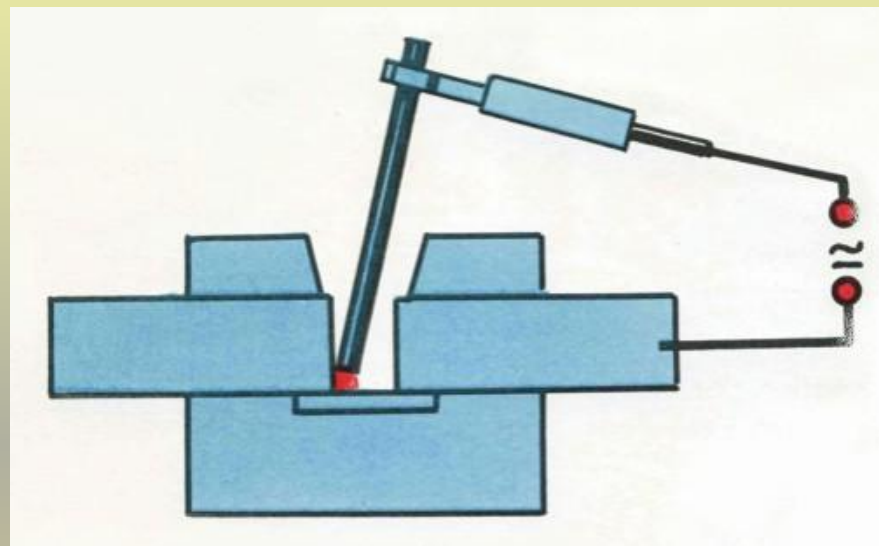


Комбинированного действия

Виды действия

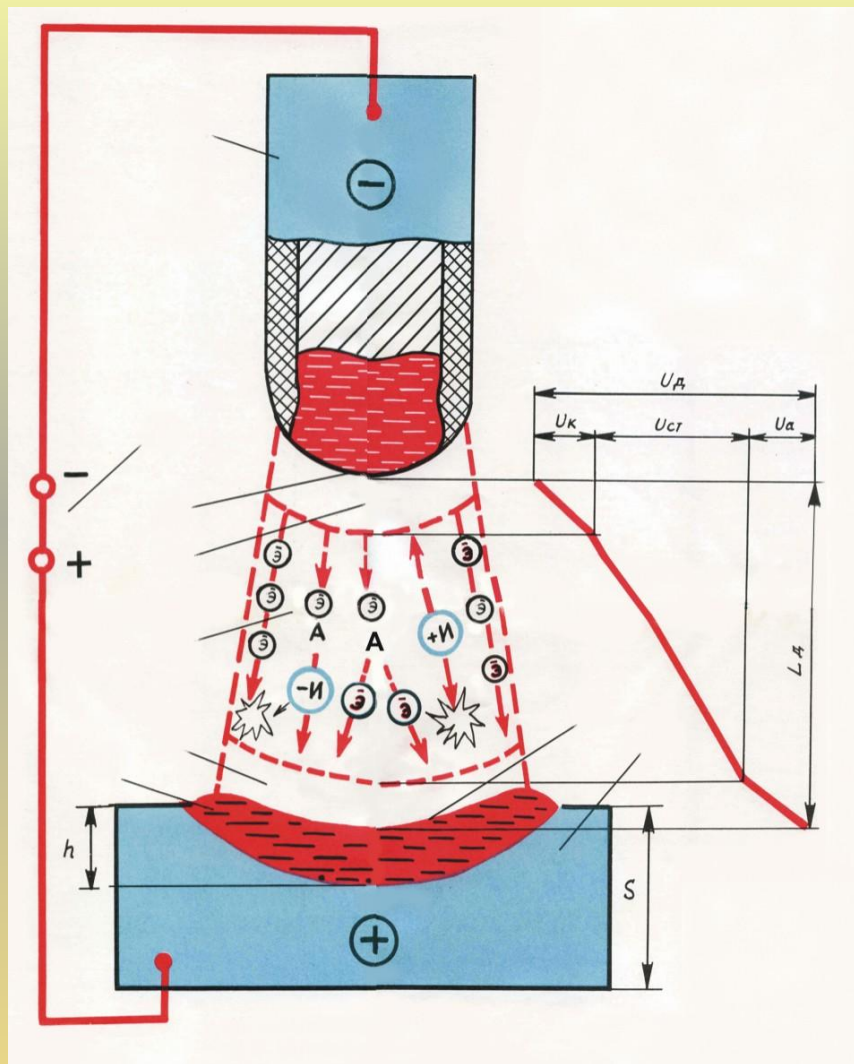


**Открытая
погружённая – вольфрамовым
неплавящимся электродом**



Покрытым электродом

Схема объемной ионизации газа и падение напряжения в дуге



U_d – напряжение дуги, В

U_k – напряжение катода, В

$U_{ст}$ – напряжение газового столба дуги, В

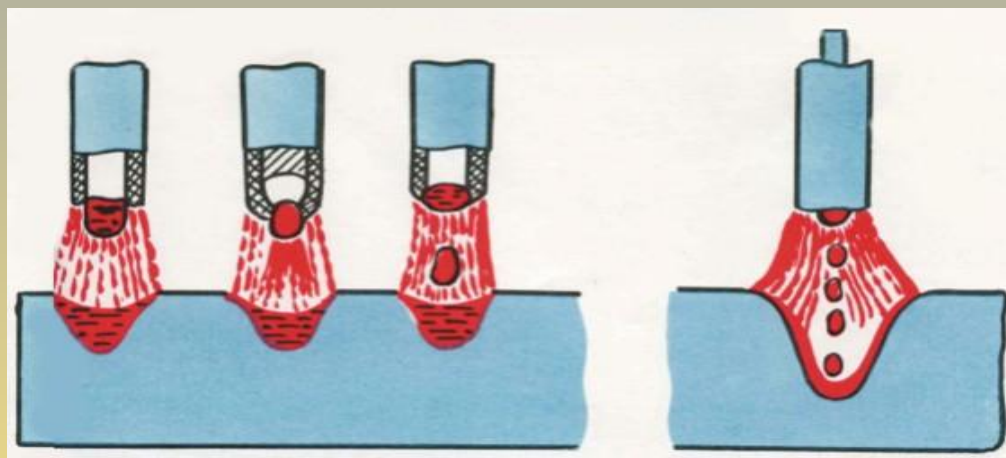
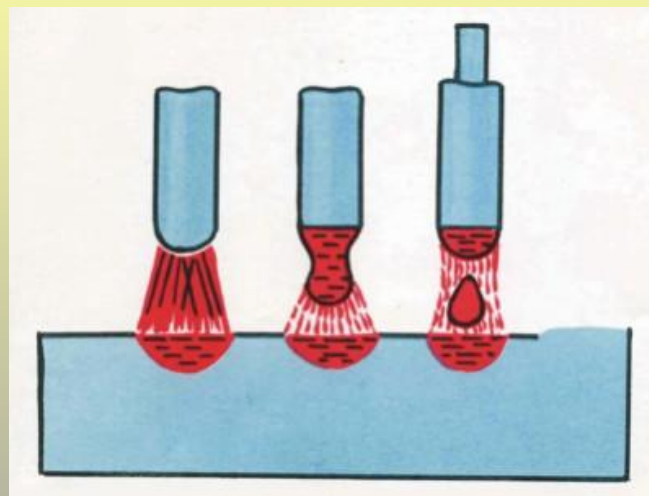
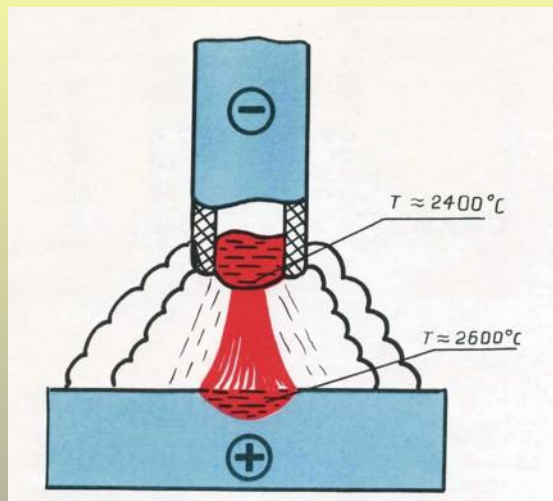
U_a – напряжение анода, В

h – глубина проплавления ванны, мм

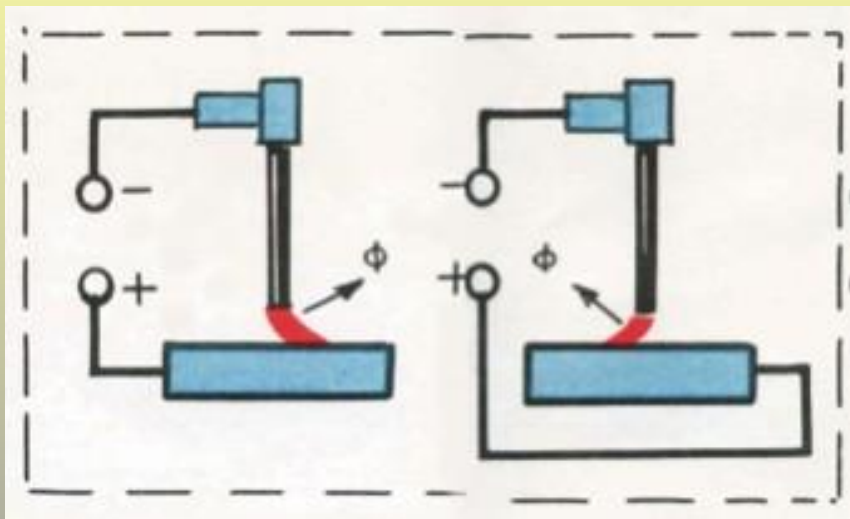
S – толщина свариваемой детали, мм

- 1** 1. Покрытый электрод.
- 2** 2. Катодное пятно.
- 3** 3. Катодная область.
- 4** 4. Газовый столб дуги.
- 5** 5. Анодная область.
- 6** 6. Анодное пятно.
- 7** 7. Глубина проплавления сварочной ванны.
- 8** 8. Основной металл.
- 9** 9. Источник питания дуги постоянного тока.

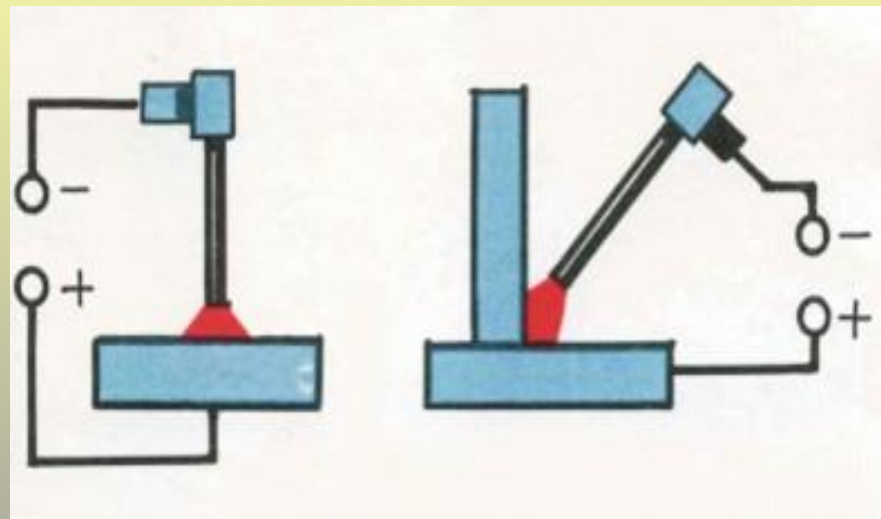
Перенос расплавленного металла



Выполнение сварки



Неправильно



Правильно

**СХЕМА ТИПОВОЙ
ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И
КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ**

**Основные технологические операции в
производственном процессе, выполняемые
последовательно по разработанным инструкциям,
техническим условиям, операционным или
маршрутными картами**

ОПЕРАЦИИ

- **ПОДГОТОВКА** сварочного оборудования, приспособлений (оснастки) и исходных сварочных материалов
- **СБОРКА ДЕТАЛЕЙ ПОД СВАРКУ**
- **ВЫБОР ОРИЕНТИРОВОЧНЫХ РЕЖИМОВ СВАРКИ**
- **ПРОЦЕСС СВАРКИ** технические приёмы сварки и последовательность заполнения швов
- **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ** (готовых изделий и конструкций) ГОСТ 3242 - 79

ПОДГОТОВКА сварочного оборудования, приспособлений (оснастки) и исходных сварочных материалов

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

1. КОНТРОЛЬ оборудования и оснастки
2. КОНТРОЛЬ исходных материалов – основного металла, присадочной проволоки, защитных газов, флюсов и паст
3. КОНТРОЛЬ сварщиков

СБОРКА ДЕТАЛЕЙ ПОД СВАРКУ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

1. КОНТРОЛЬ разделки и чистоты свариваемых кромок
2. КОНТРОЛЬ габаритных размеров изделия, углов, перекосов и смещения кромок деталей (переломов осей) правильности изготовления и установки остающихся и технологических подкладок
3. КОНТРОЛЬ прихваток
4. КОНТРОЛЬ предварительного подогрева (если требуется)

ВЫБОР ОРИЕНТИРОВОЧНЫХ РЕЖИМОВ СВАРКИ

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

1. КОНТРОЛЬ сварочного оборудования и аппаратуры, инструмента, приборов и самого сварщика
2. КОНТРОЛЬ состояния и плотности соединения сварочных проводов
3. КОНТРОЛЬ режимов сварки – силы тока, напряжения дуги и скорости сварки

ПРОЦЕСС СВАРКИ технические приёмы сварки и последовательность заполнения швов

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

1. КОНТРОЛЬ техники сварки
2. КОНТРОЛЬ заполнения многослойных швов и швов, расположенных в разных местах изделия (конструкции)
3. КОНТРОЛЬ температуры свариваемого и охлаждаемого изделия
4. КОНТРОЛЬ устойчивости (стабильности) дуги
5. КОНТРОЛЬ правильности клеймения швов (при необходимости)

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (готовых изделий и конструкций) ГОСТ 3242 - 79

1) НЕРАЗРУШАЮЩИЕ методы контроля качества **(НМК):**

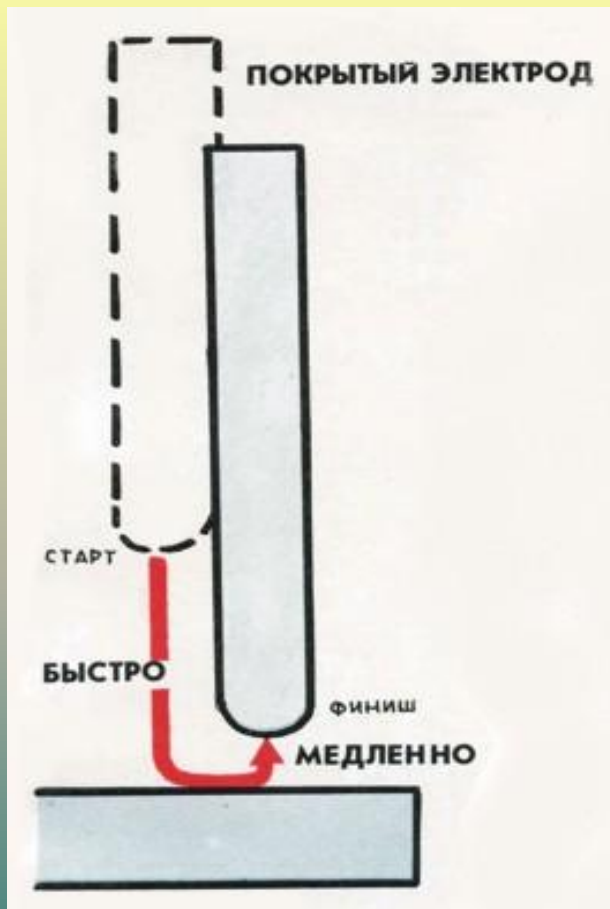
- Внешний осмотр и измерения
- Капиллярный
- Радиационный
- Акустический
- Магнитный
- Течеискание

2) РАЗРУШАЮЩИЕ методы контроля качества **(РМК):**

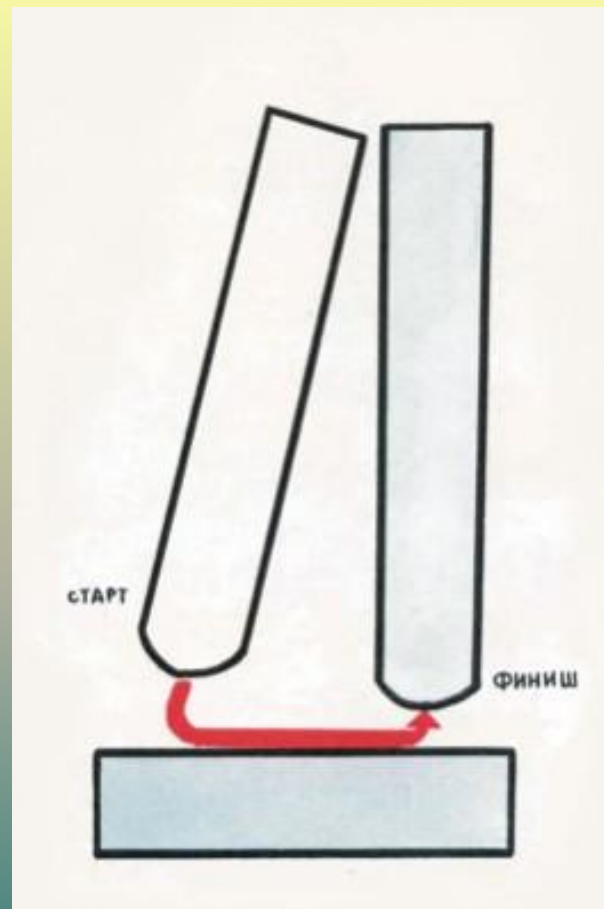
- Механические испытания
- Металлографические исследования
- Химический анализ (контроль химического состава деталей)
- Коррозионные испытания
- Измерение твёрдости

ТЕХНИКА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Возбуждение (возникновение) и горение дуги

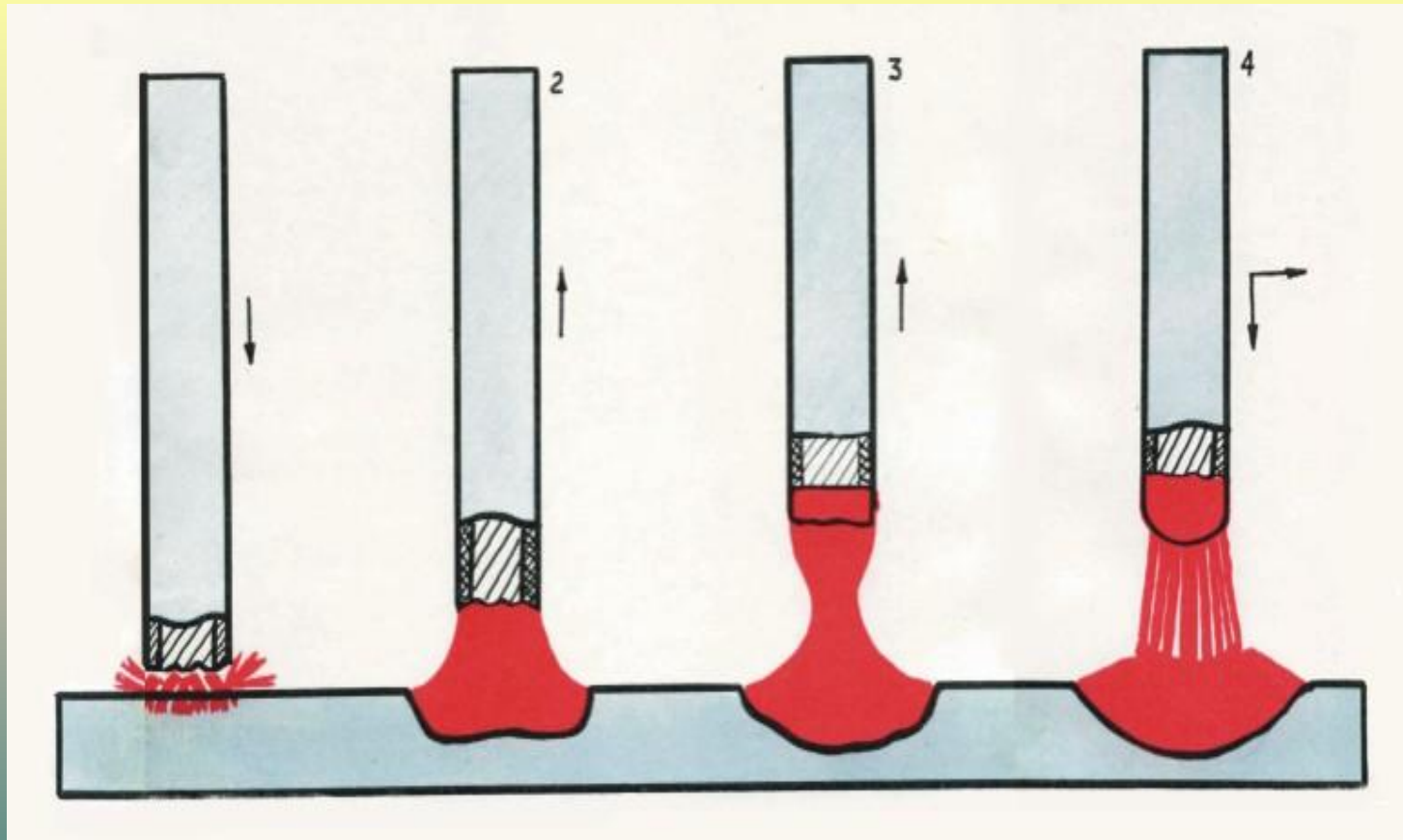


ВПРИТЫК



ЧИРКАНЫЕМ

Возбуждение (возникновение) и горение дуги



- 1** 1. КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ
- 2** 2. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОСЛОЙКИ ИЗ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

- 3** 3. ОБРАЗОВАНИЕ ШЕЙКИ
- 4** 4. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДУГИ И СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

Перемещение (движение) электрода

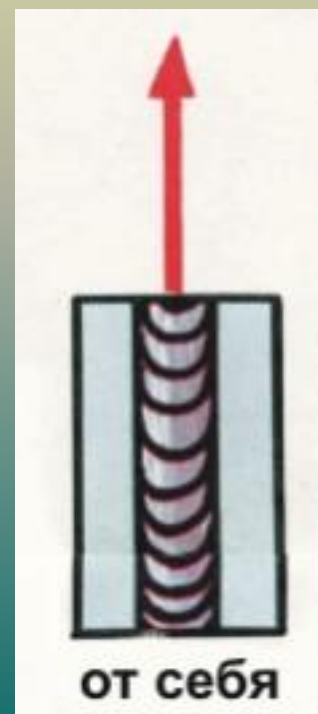
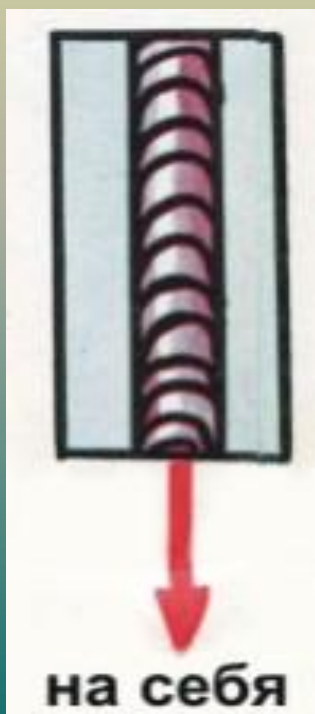
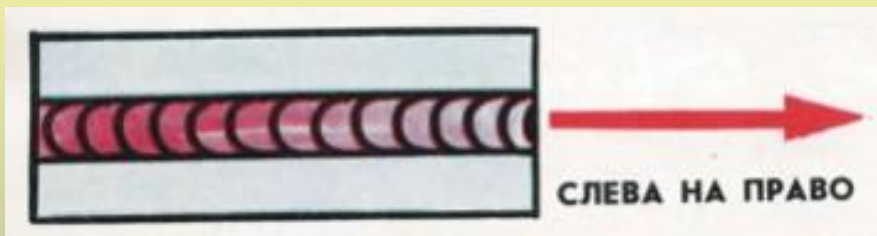
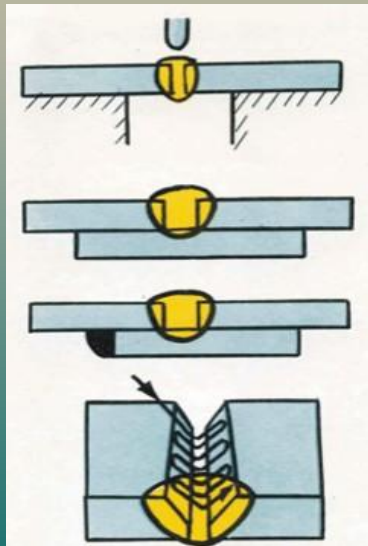
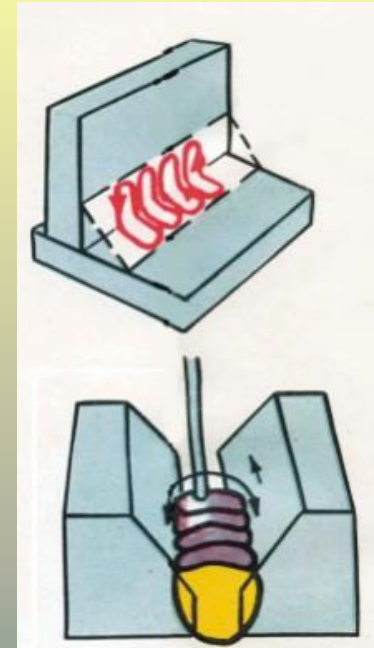
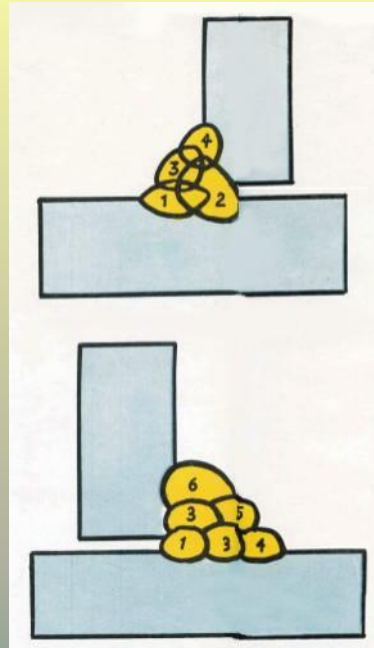
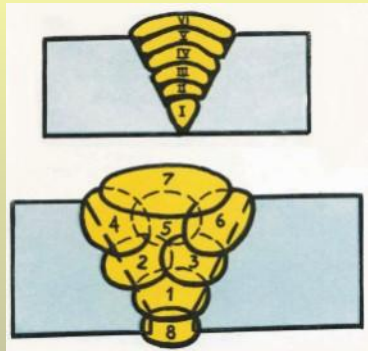
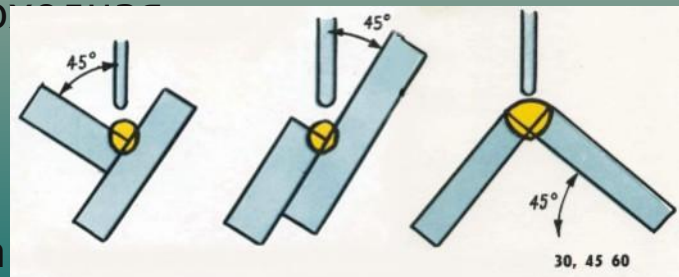


Схема заполнения многослойных швов по уровню поперечного сечения



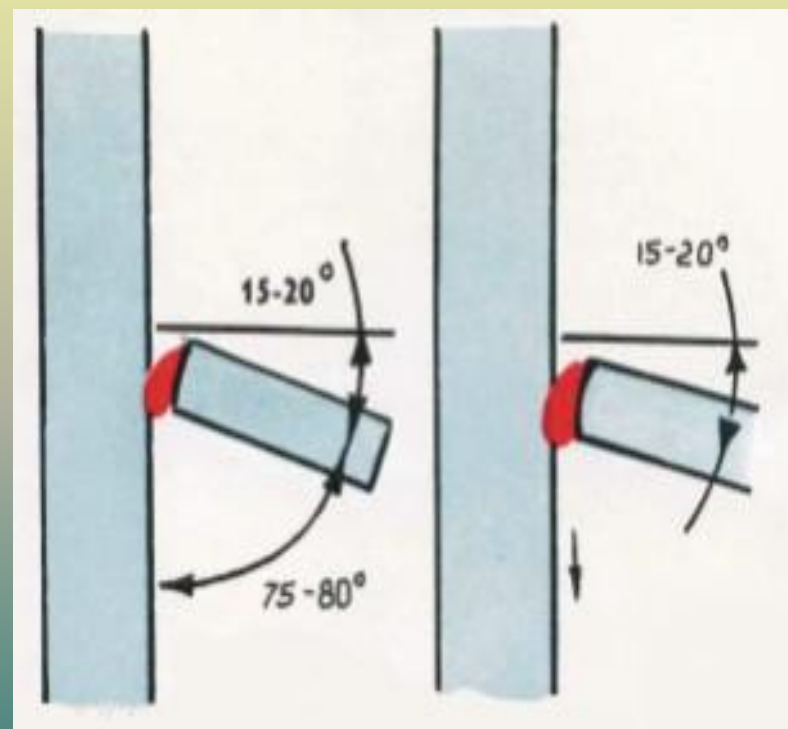
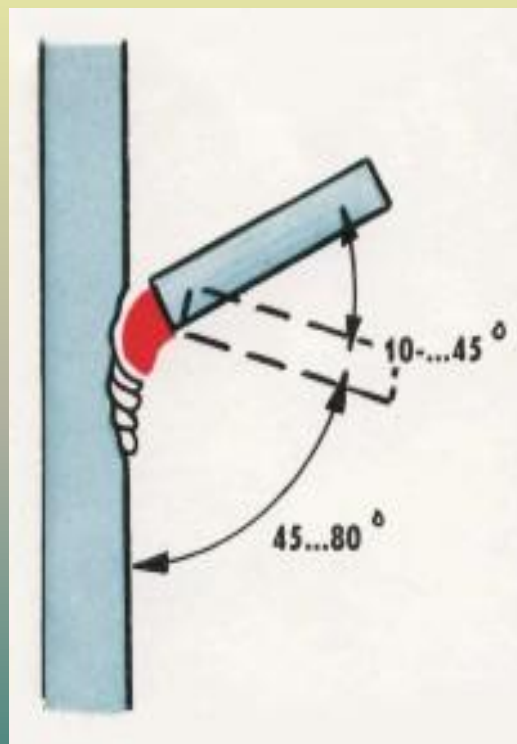
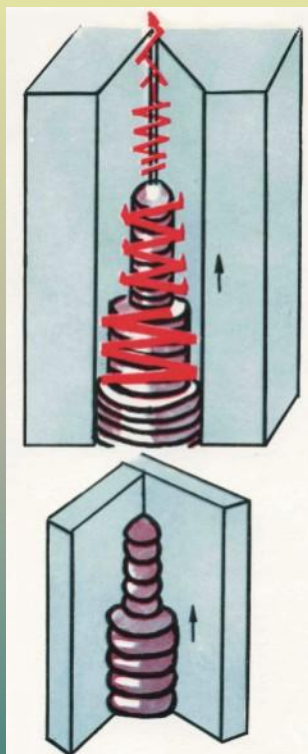
Многослойная
Многослойная многопро
Стыковые соединения
Угловые швы



В лодочку (сварка
углы 30, 45, 60

Сварка в различных основных положениях

Вертикальное

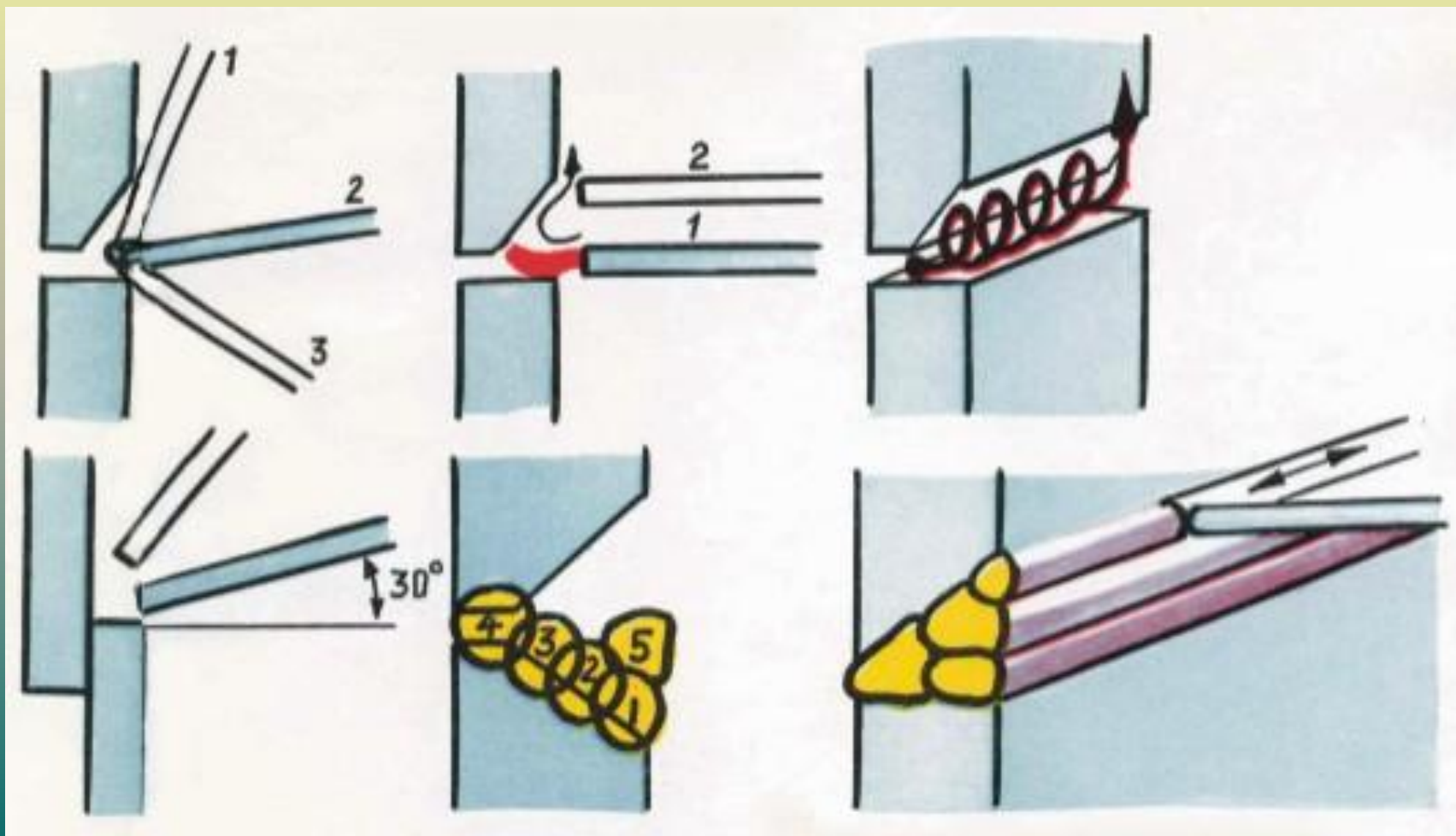


Угол наклона покрытого электрода при сварке на подъем

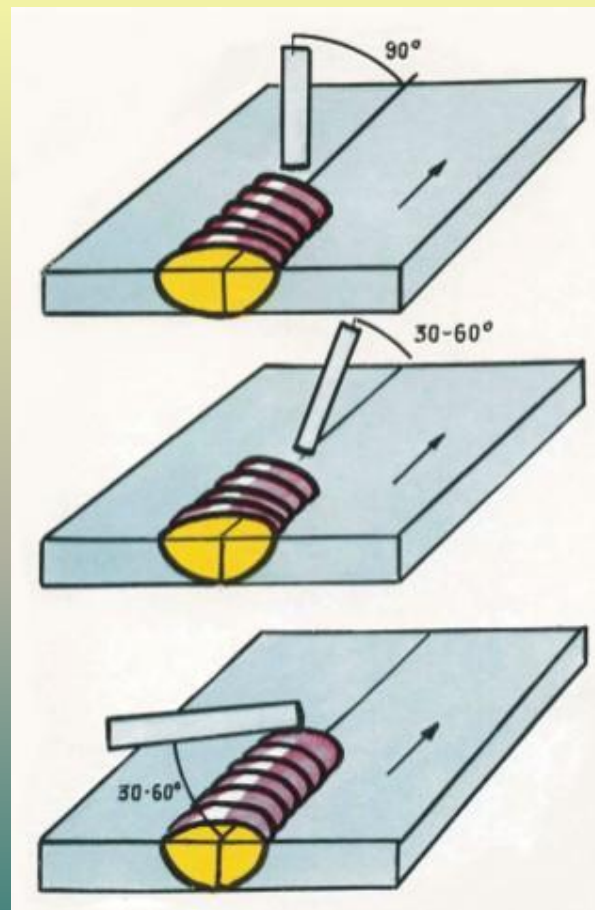
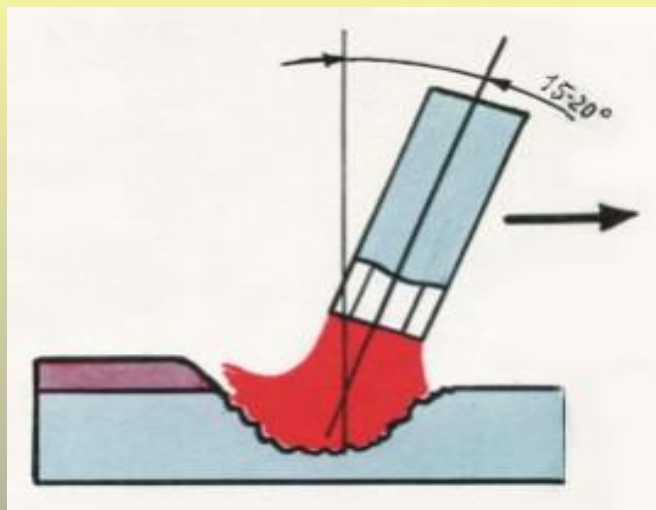
Угол наклона и колебательные движения покрытым электродом при сварке на спуск (сварка тонких деталей)

Сварка в различных основных положениях

Горизонтальное

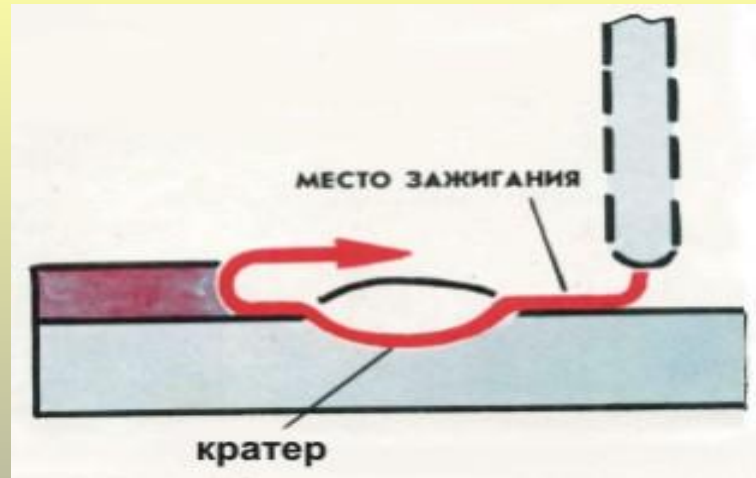


Угол наклона покрытого электрода, горелки для дуговой сварки и присадочной проволоки

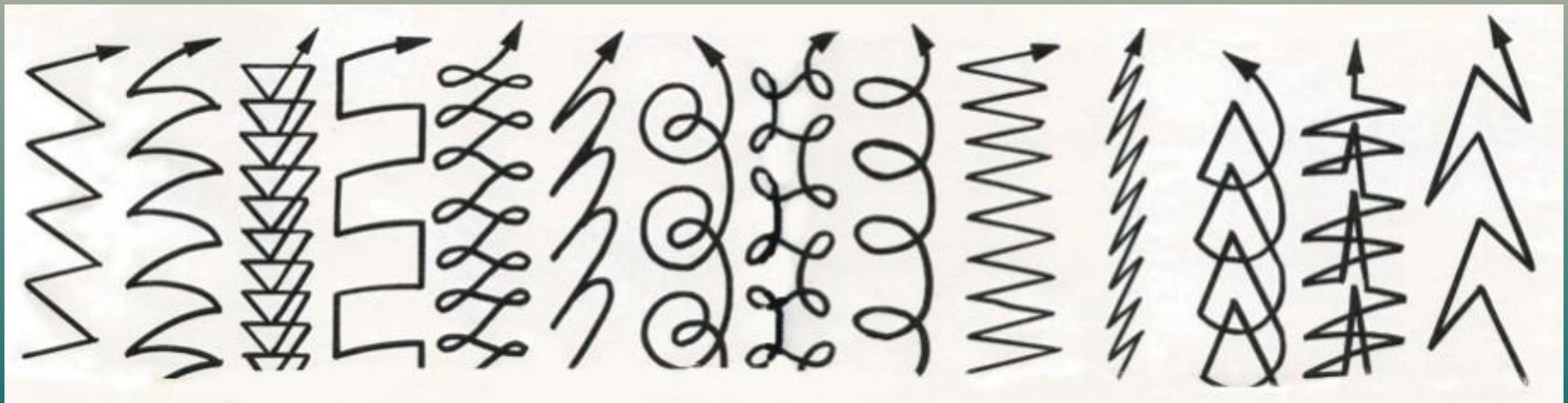


При сварке покрытым электродом
При ручной аргонодуговой сварке правым способом
При сварке присадочной проволокой

Схема зажигания дуги после её обрыва



Техника движения торцом электрода

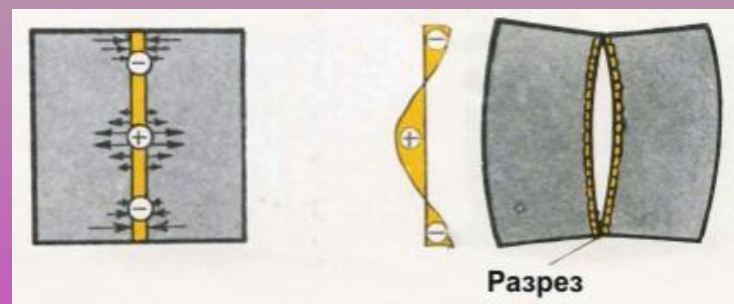
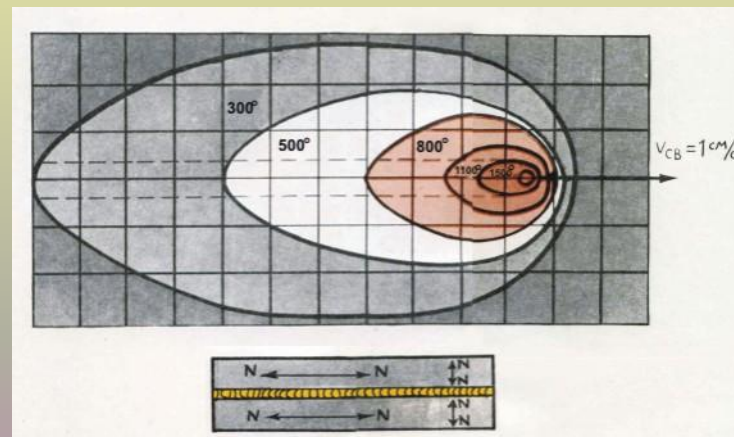
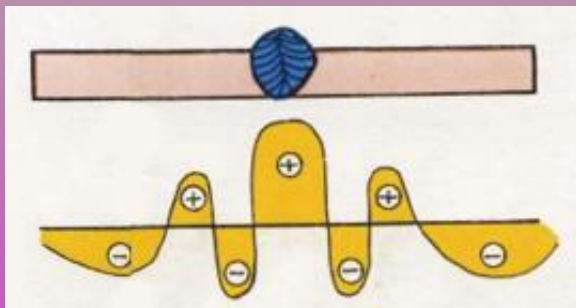
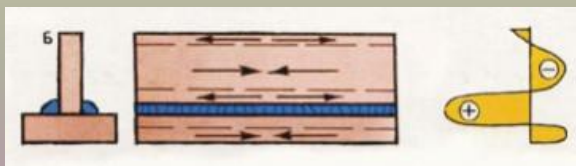
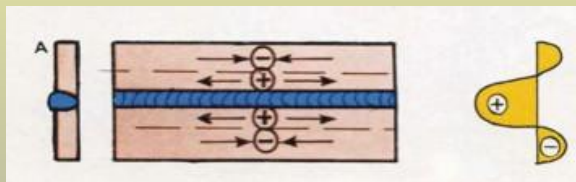


СВАРОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ

(ИНОГДА НАЗЫВАЕМЫЕ СОБСТВЕННЫМИ И ВНУТРЕННИМИ)

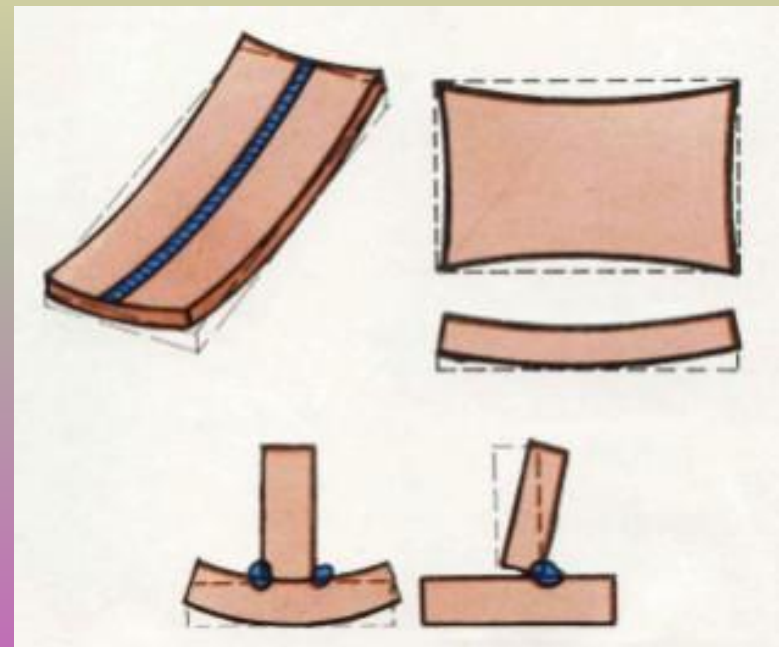
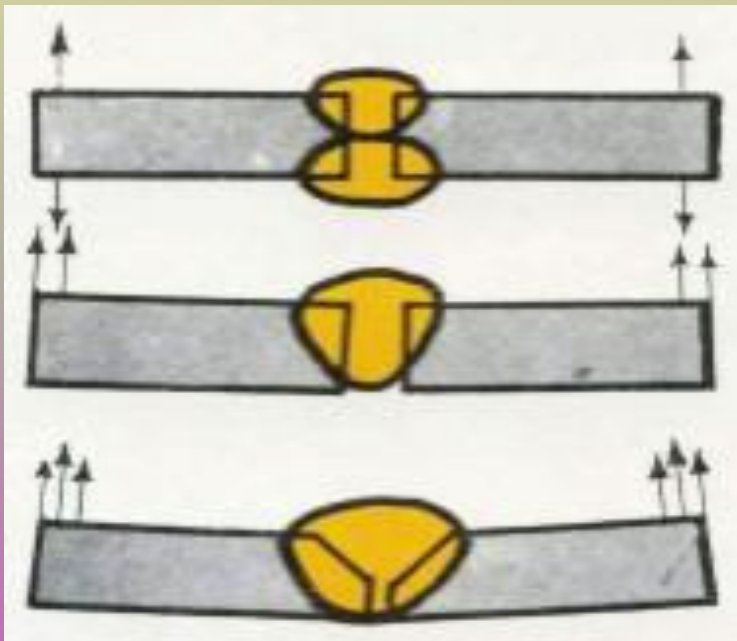
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Неравномерный (местный) нагрев и охлаждение основного металла



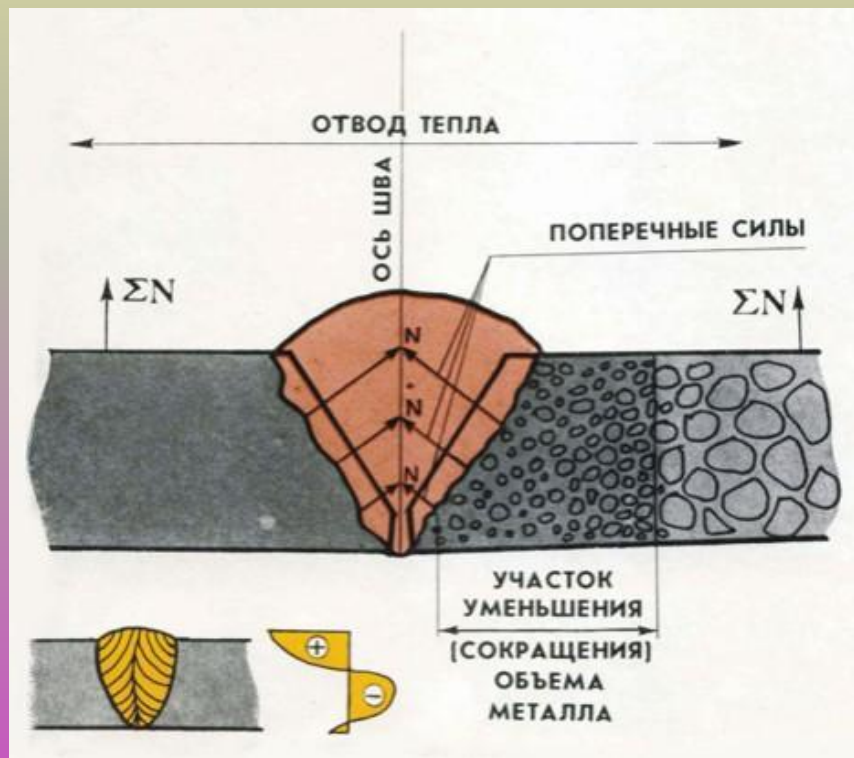
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Усадка расплавленного металла (литейная усадка)



ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

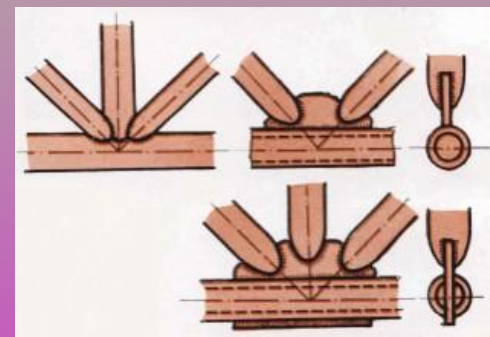
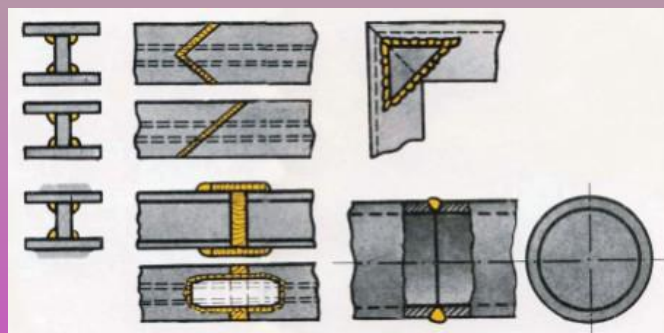
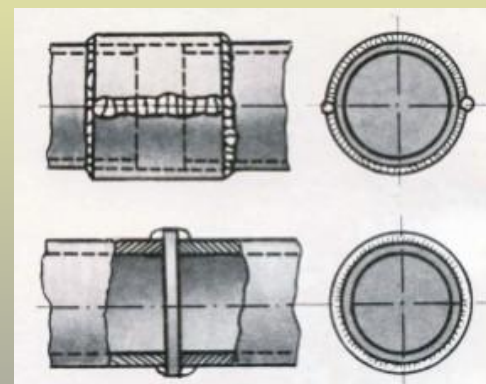
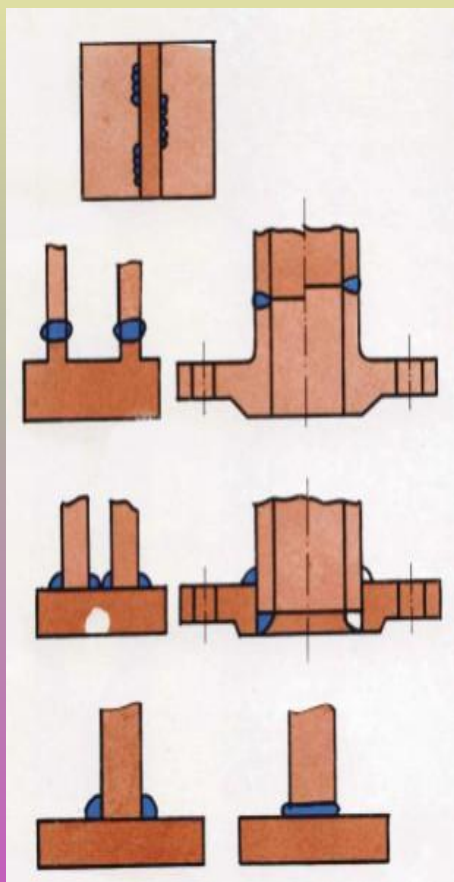
Структурные (фазовые) превращения
закаливающихся сталей и других сплавов в зоне
термического влияния



Способы уменьшения собственных деформаций и напряжений

Конструктивные

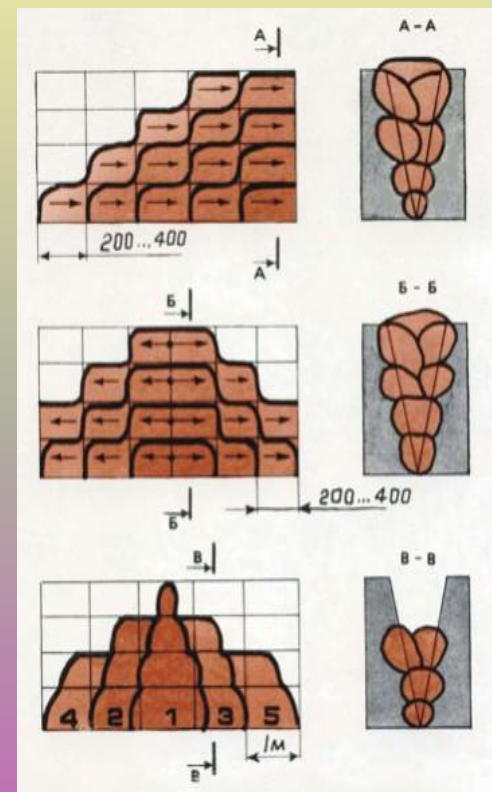
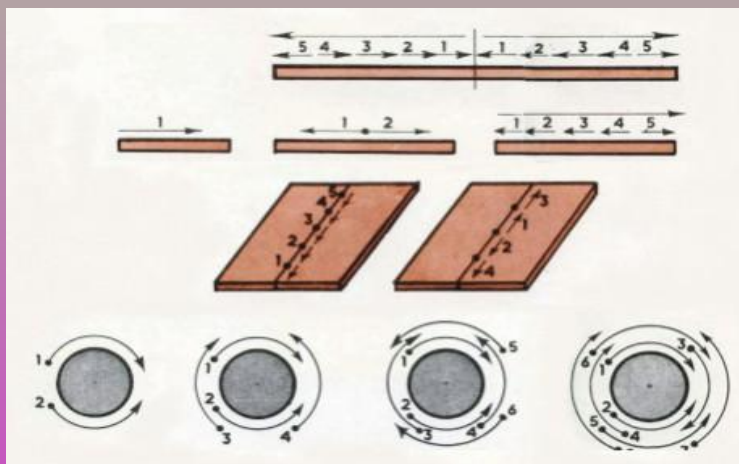
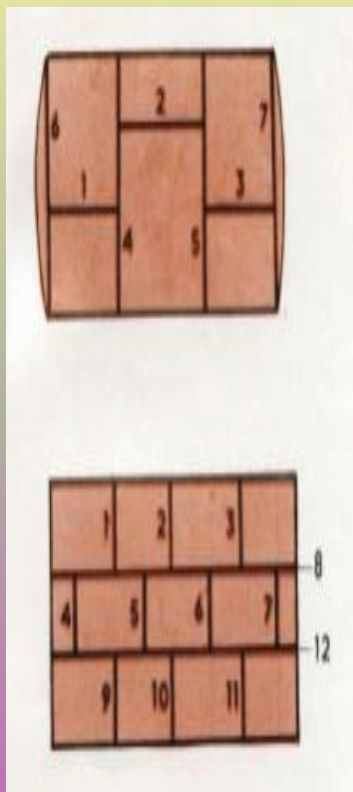
1. Использовать пластичный основной металл, покрытые электроды и присадочную проволоку.
2. Сокращать длину швов и толщину свариваемых деталей.
3. Избегать скоплений и пересечений швов.
4. Ограничивать применение накладок и косынок.
5. Симметрично располагать швы по всей конструкции.
6. Преимущественно использовать стыковые швы вместо угловых.



Способы уменьшения собственных деформаций и напряжений

Технологические

1. Использовать секционную сборку.
2. Правильно выбирать вид, режим и последовательность сварки.
3. Применять уравнивающие и обратные деформации.
4. Жёстко закреплять детали при сварке.
5. Подогревать либо охлаждать свариваемые детали.
6. Использовать правку и отпуск.



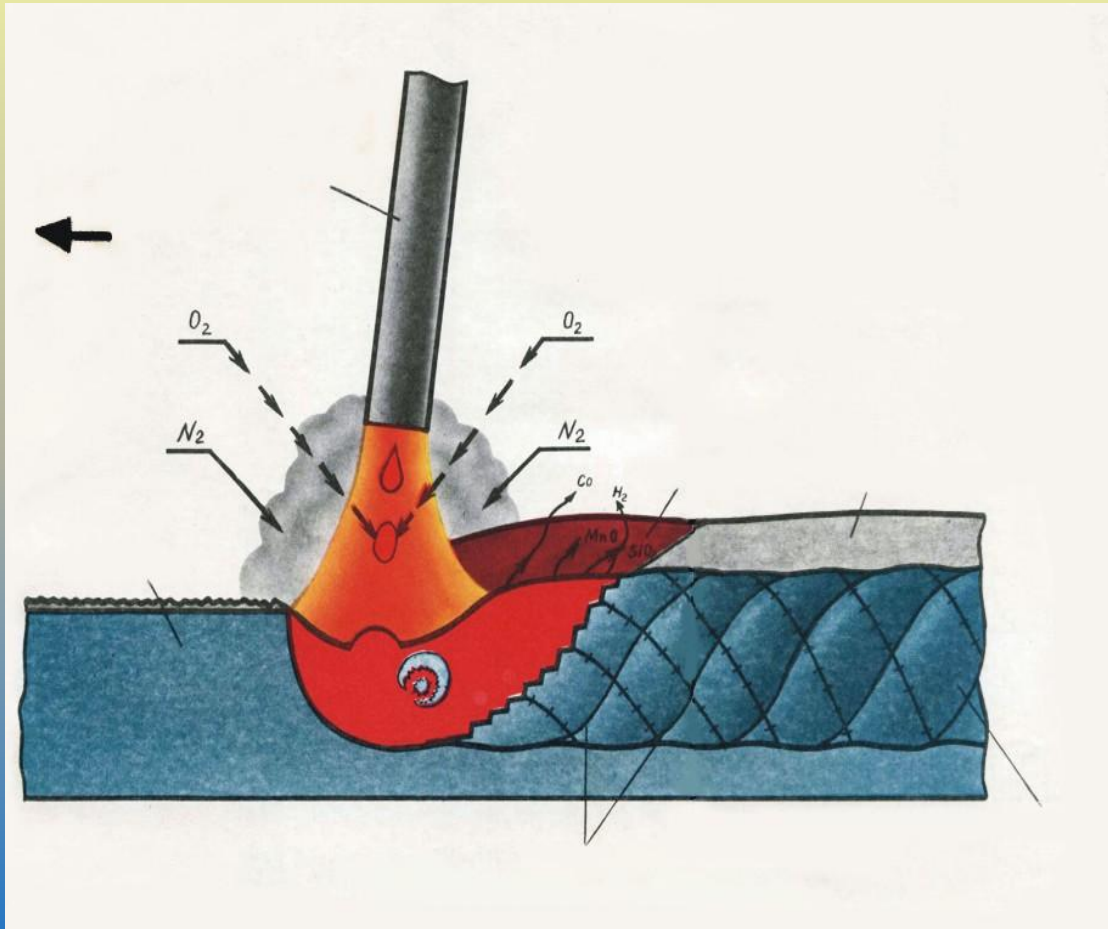
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Способы снижения основных реакций при сварке

1. Выполнять сварку короткой дугой;
2. Защищать и обезжировать кромки свариваемых деталей;
3. Проводить термообработку сварочных материалов;
4. Правильно выбирать марки покрытых электродов, присадочной проволоки и др.

Схемы плавильного пространства

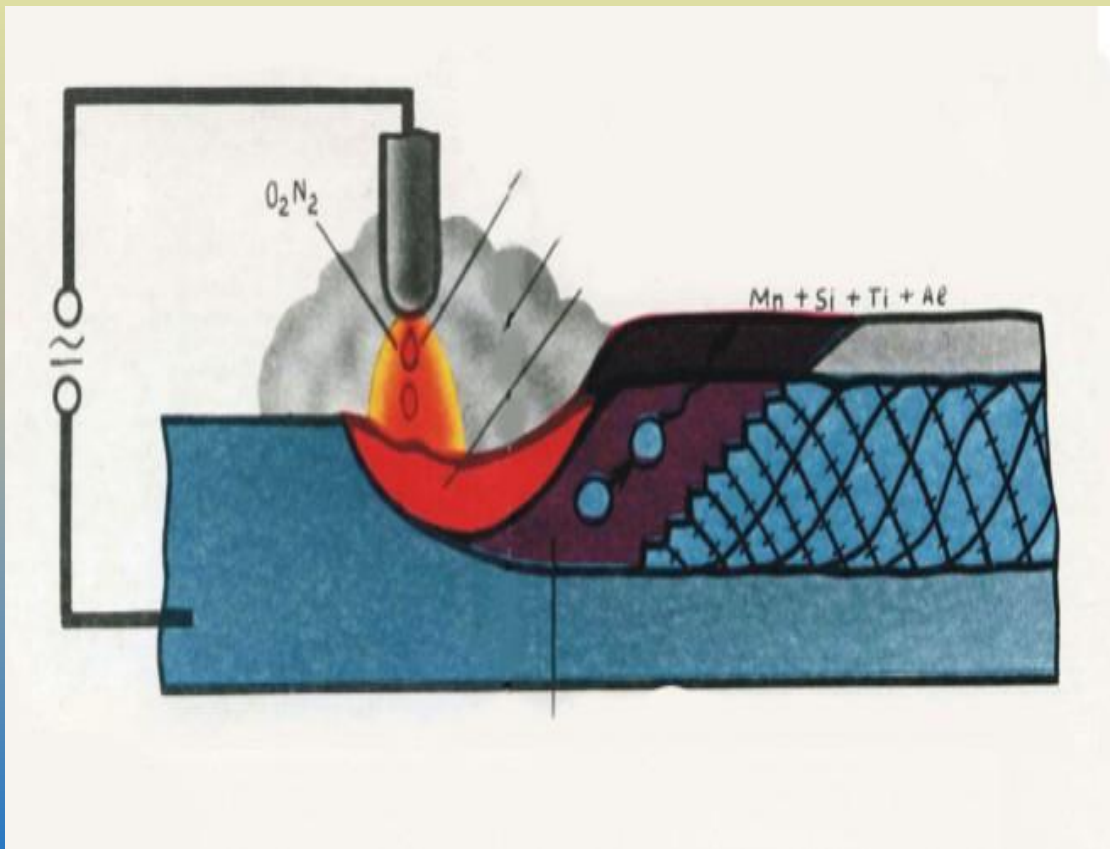
Схема сварочной ванны



- 1** 1. Покрытый электрод
- 2** 2. Жидкий шлак
- 3** 3. Шлаковая корка
- 4** 4. Металл шва (столбчатые кристаллиты)
- 5** 5. Границы кристаллизационных слоев
- 6** 6. Основной металл

Схемы плавильного пространства

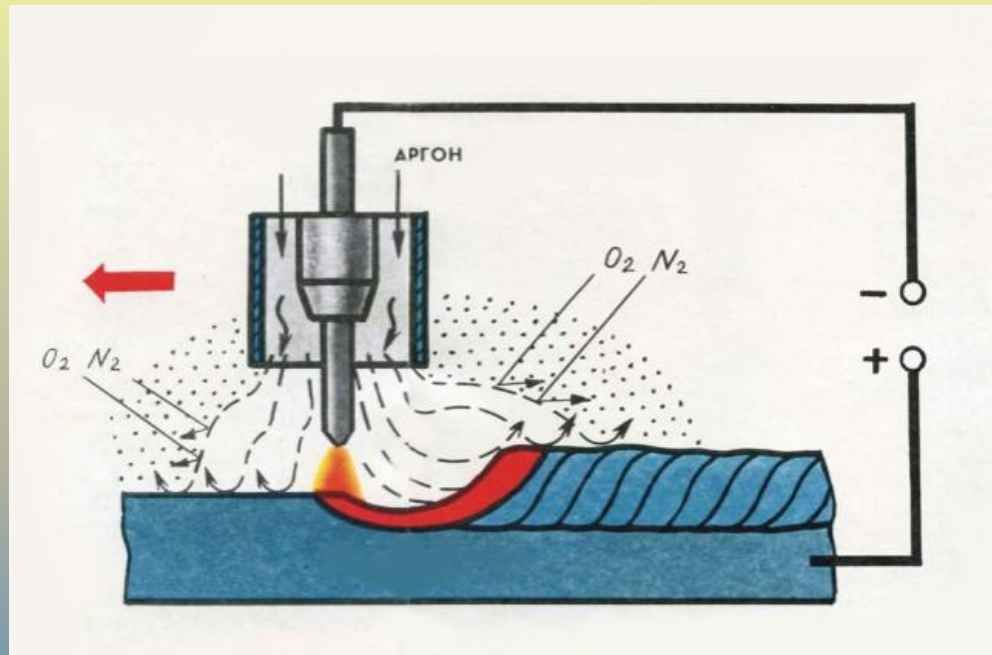
При ручной дуговой сварке покрытым электродом



- 1** 1. Капли расплавленного электрода, покрытые жидким шлаком
- 2** 2. Защитный газ
- 3** 3. Передняя (головная) часть сварочной ванны
- 4** 4. Хвостовая часть ванны

Схемы плавильного пространства

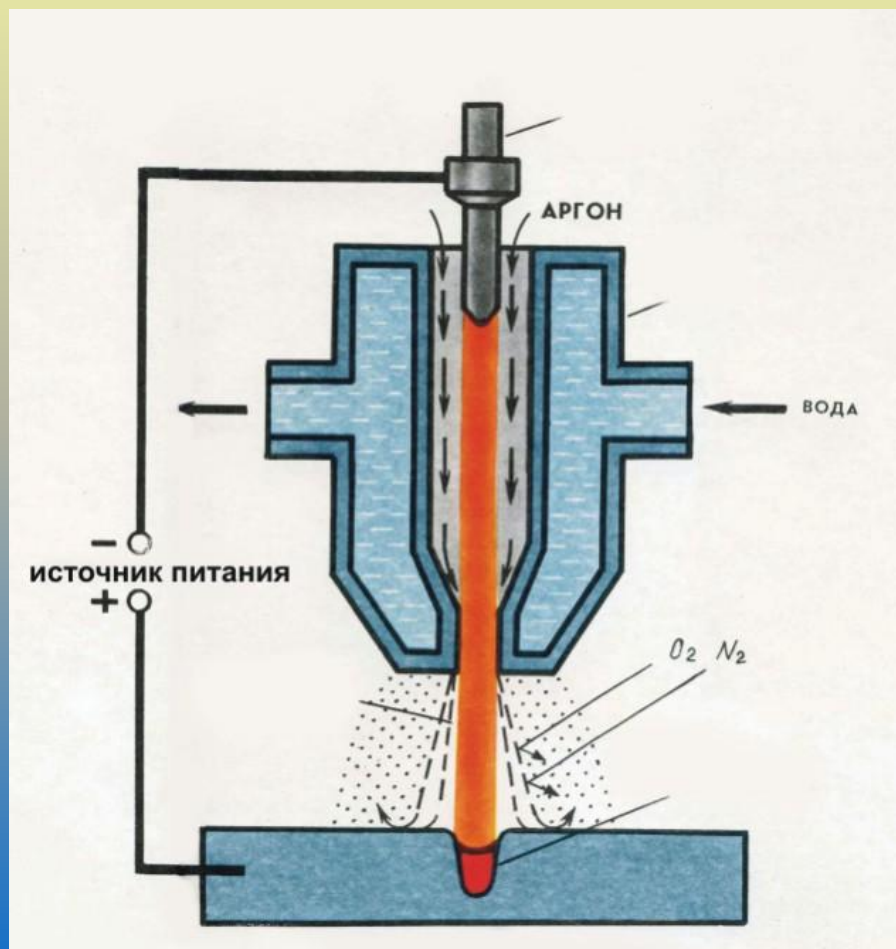
При ручной дуговой сварке покрытым электродом



При рекомендуемом расходе защитных (инертных) газов можно получить металл шва высокого качества (без оксидов, нитридов и др. включений)

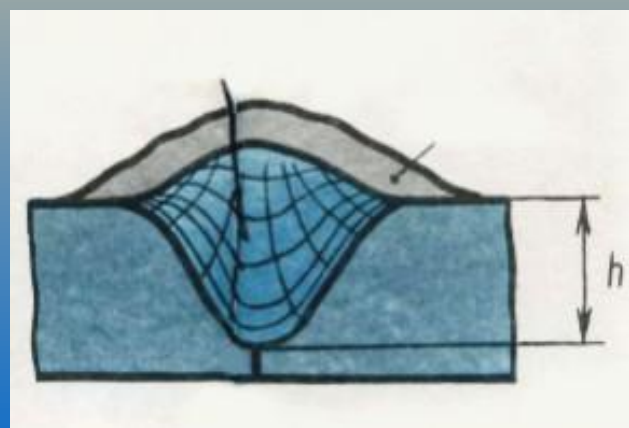
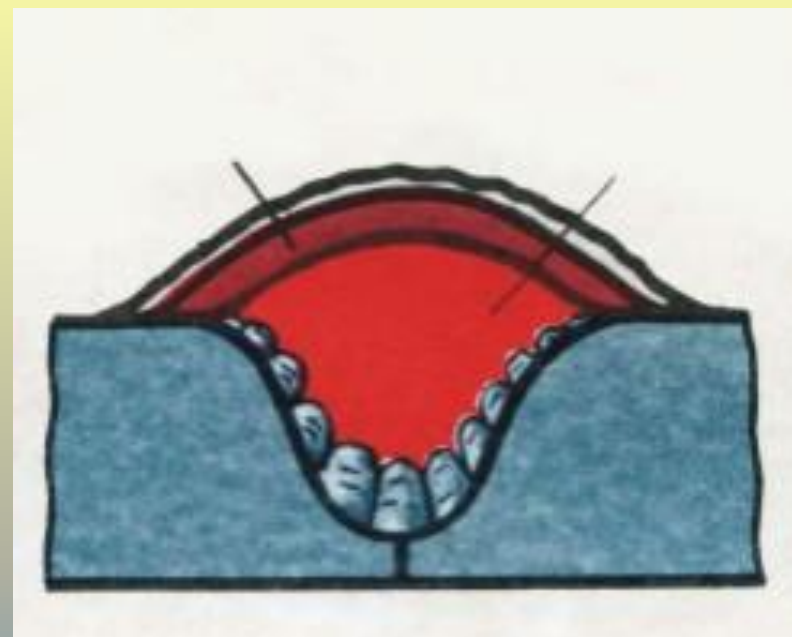
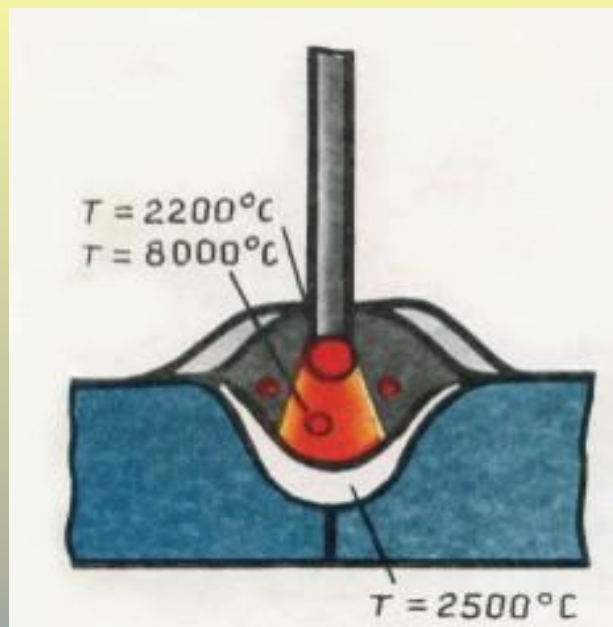
Схемы плавления пространства

При ручной аргонодуговой сварке



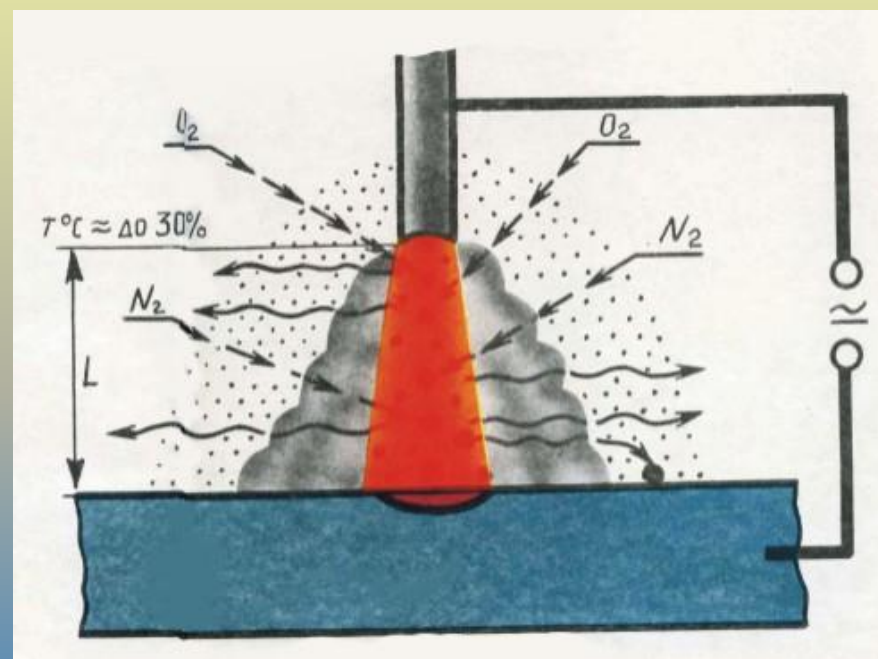
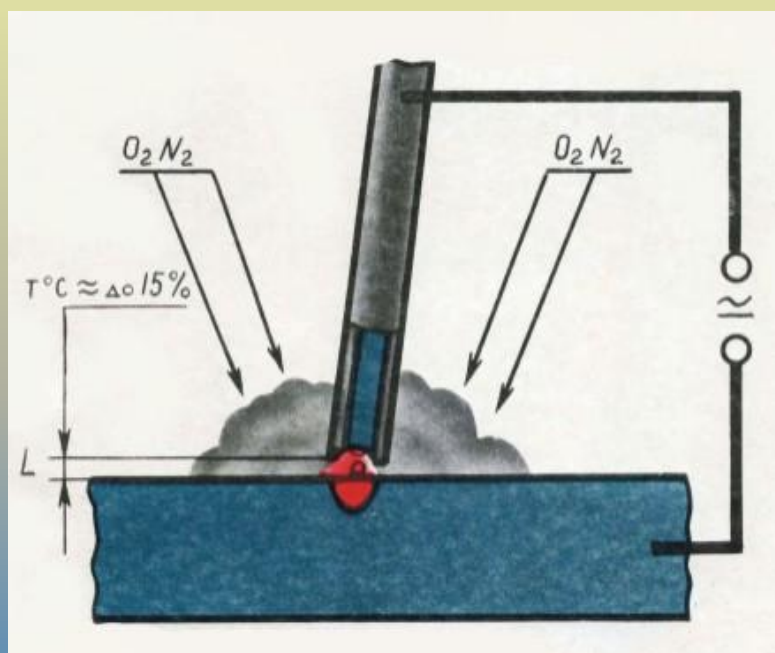
1. Сопло
2. Вольфрамовый электрод
3. Сварочная ванна
4. Сжатая дуга

Схема закристаллизовавшегося шва



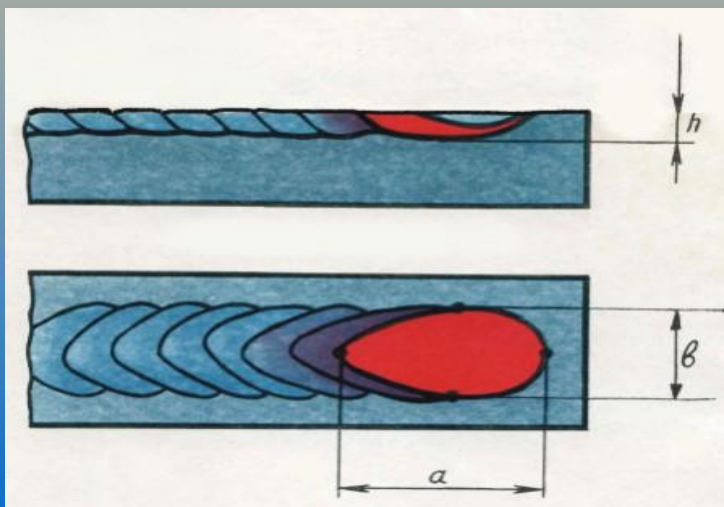
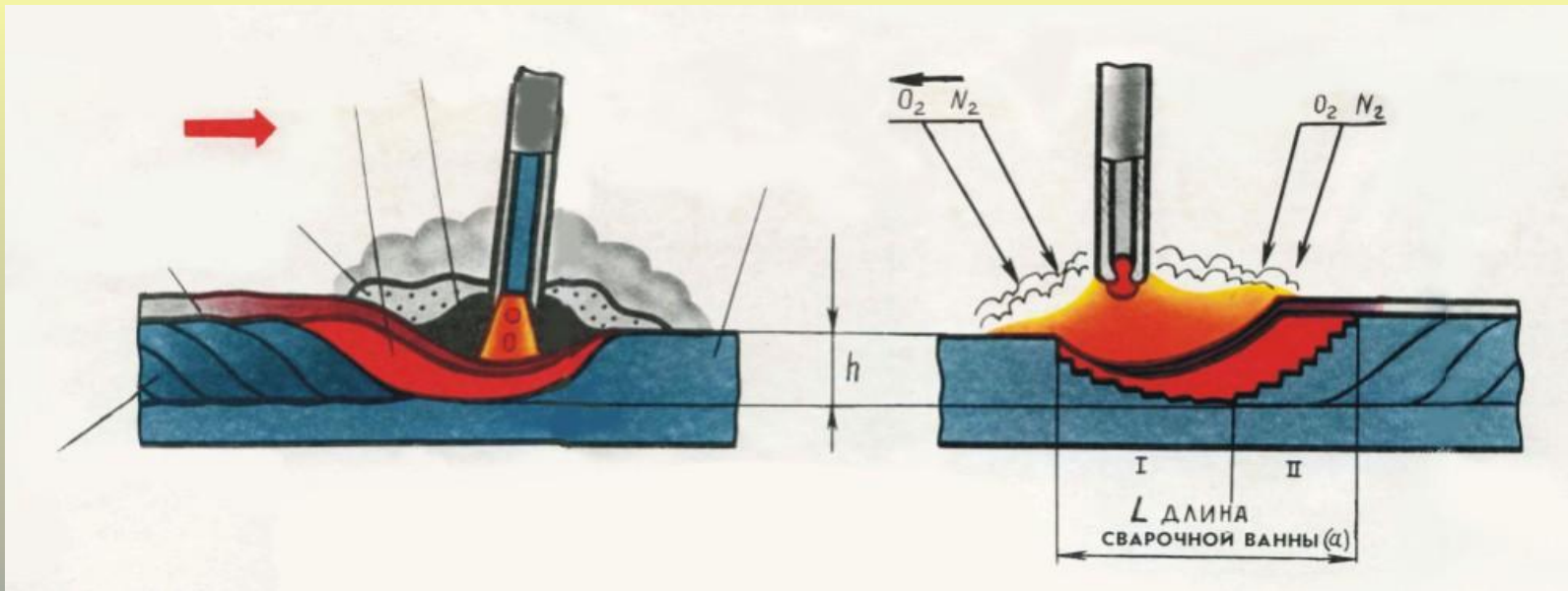
- 1** 1. Шлак жидкий
- 2** 2. Расплавленный металл
- 3** 3. Шов
- 4** 4. Шлак

Влияние дуги при дуговой сварке покрытым электродом



Короткая дуга
Длинная дуга

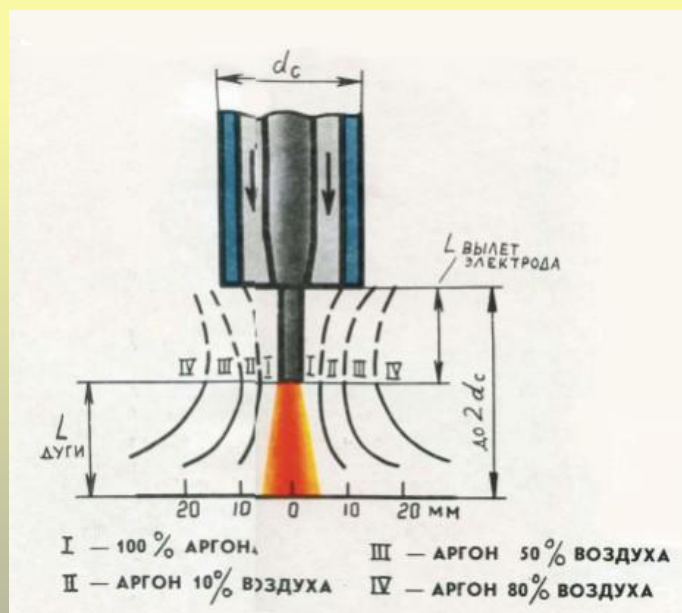
Распределение температур за движущейся дугой



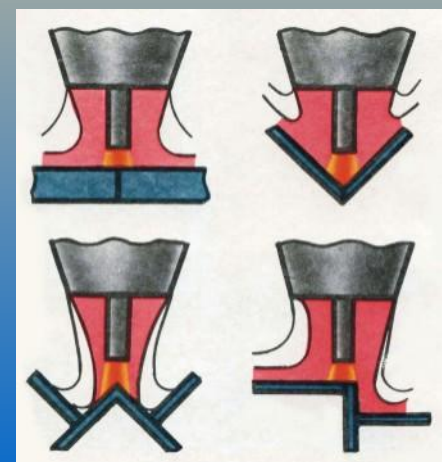
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
- 1. Жидкий шлак
 - 2. Шлаковая корка
 - 3. Затвердевший металл шва
 - 4. Основной металл шва
 - 5. Головная (передняя) часть
 - 6. Задняя (хвостовая) часть

Сварочная ванна

Состав струи аргона, истекающего из сопла горелки

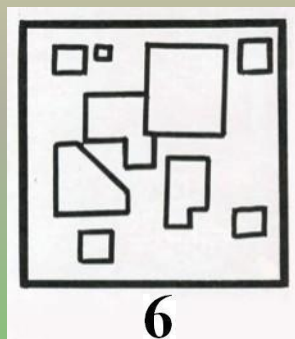
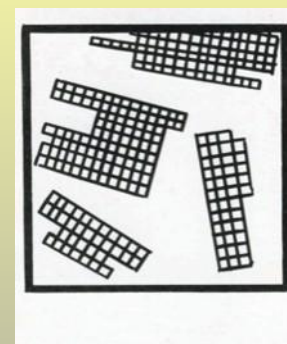
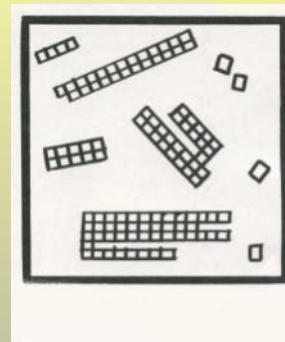
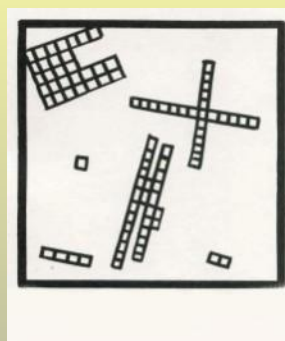
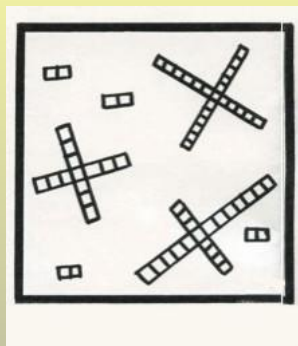
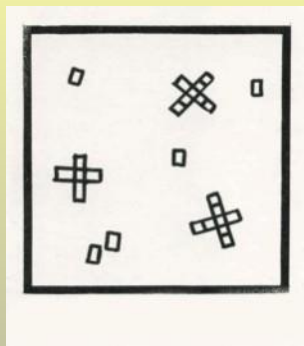


Влияние расхода газа, скорости сварки ($V_{св}$), типа сварного соединения на качество защиты зоны сварки (или эффективность газовой защиты)

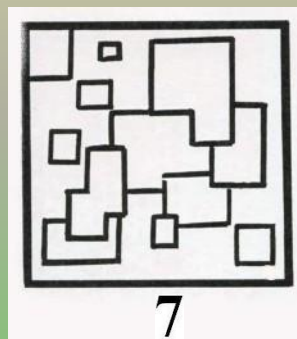


КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И СТРОЕНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

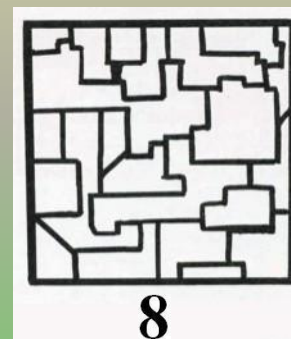
Схема образования кристаллов (кристаллитов или зерен металла)



6



7

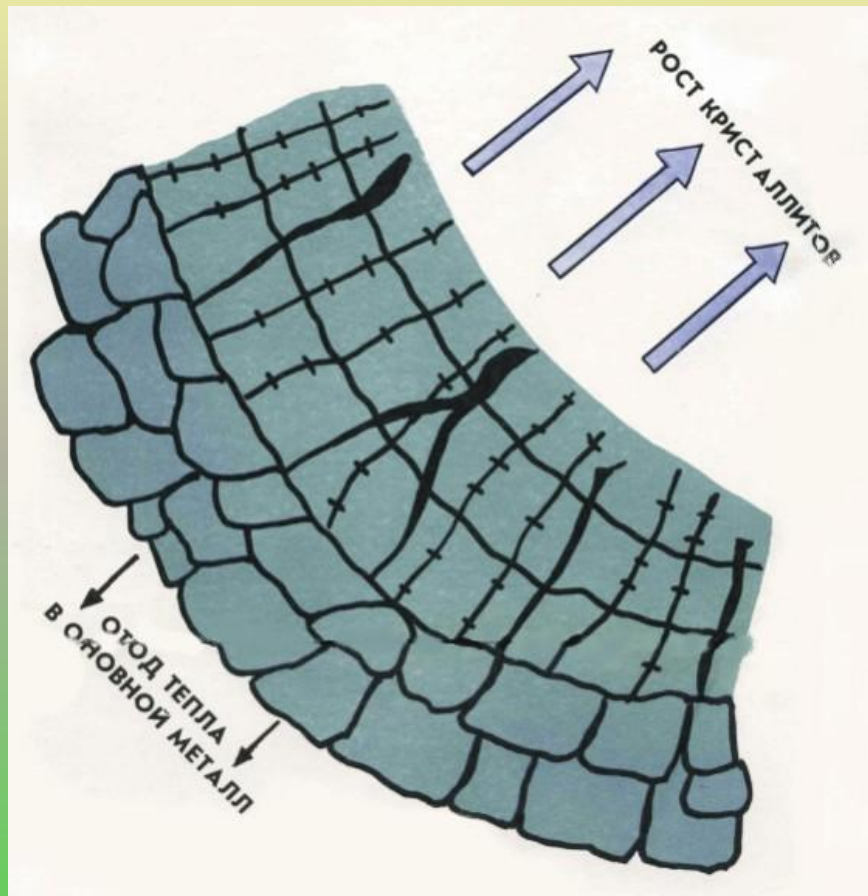


8

1,2,3,4,5 – свободный рост кристаллов и прекращение их роста в местах правильной геометрической формы;

6,7,8 – соприкосновение кристаллов и прекращение их роста в местах контактов. Образование кристаллитов или зерен металла.

Схема роста кристаллитов



Кристаллизационные слои в металле однослойного шва (химическая неоднородность металла по слоям)

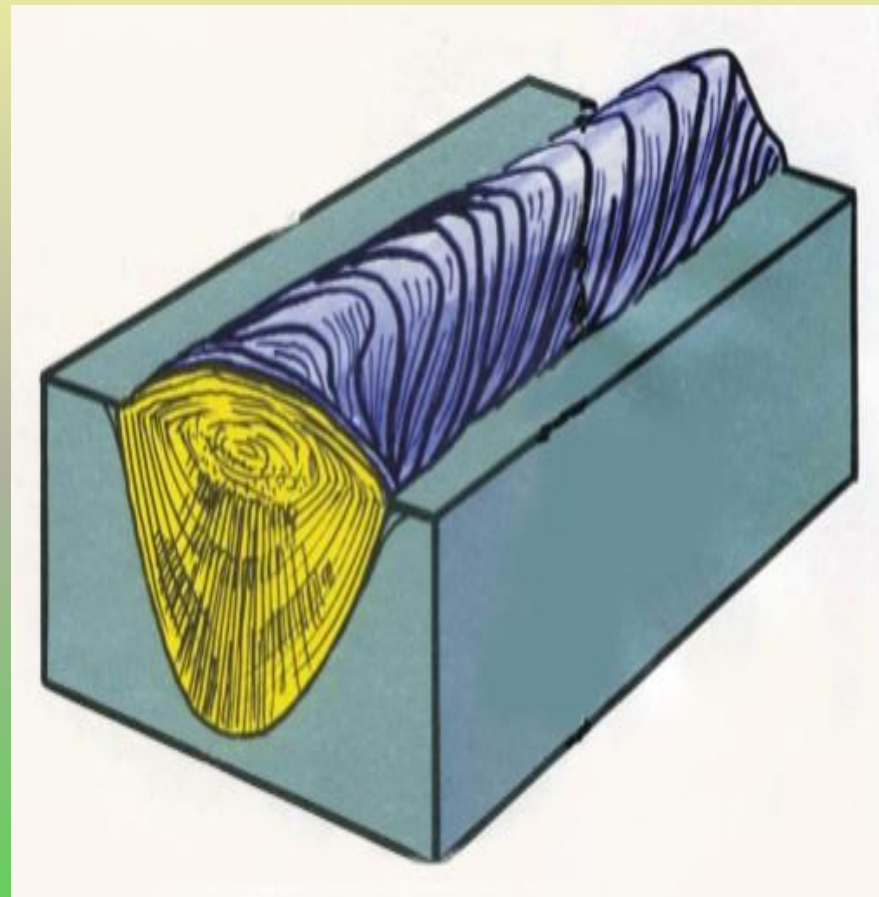
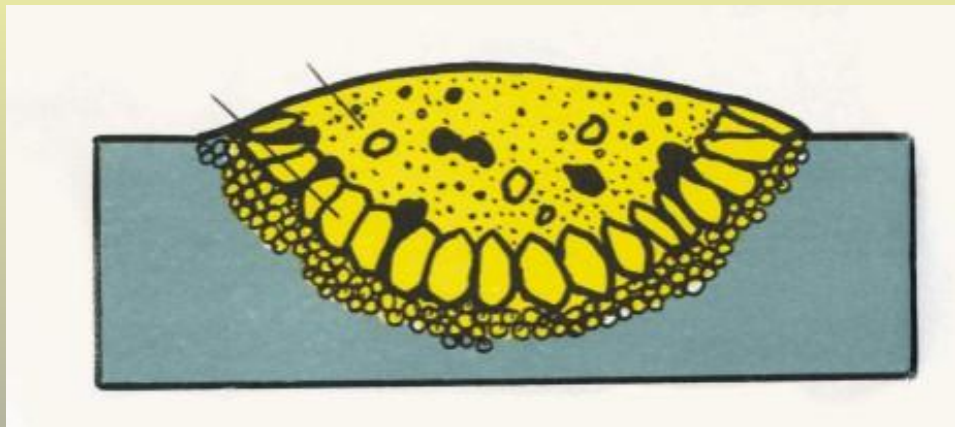


Схема кристаллизации и строения металла шва разной ширины и глубины проплавления



1 1- кристаллиты с большой скоростью роста

2 2 – неметаллические и газовые включения (шлак, поры)

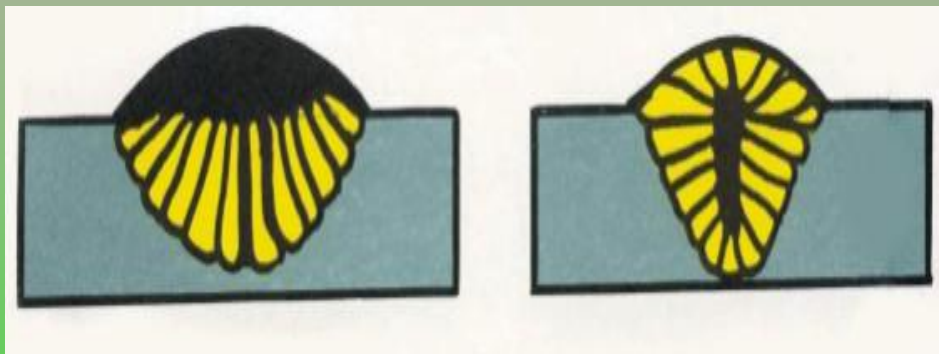
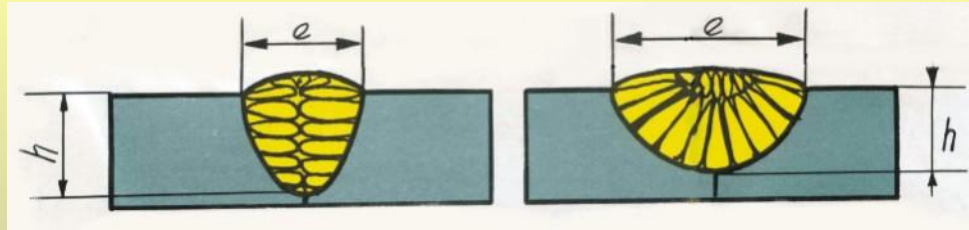


Схема влияния режима сварки на направление роста кристаллитов при затвердении



1. Большая сила сварочного тока, низкое напряжение (короткая дуга), Высокая скорость сварки ($>h, <e$);
2. Малая сила тока, высокое напряжение, низкая скорость сварки ($<h, >e$)

Для ручной дуговой сварки

$$K_{\Phi} = \frac{e}{h} \leq 1 \div 2$$

Горячие кристаллизационные трещины в сварных соединениях

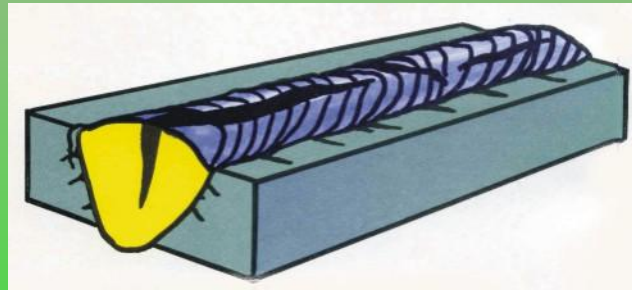
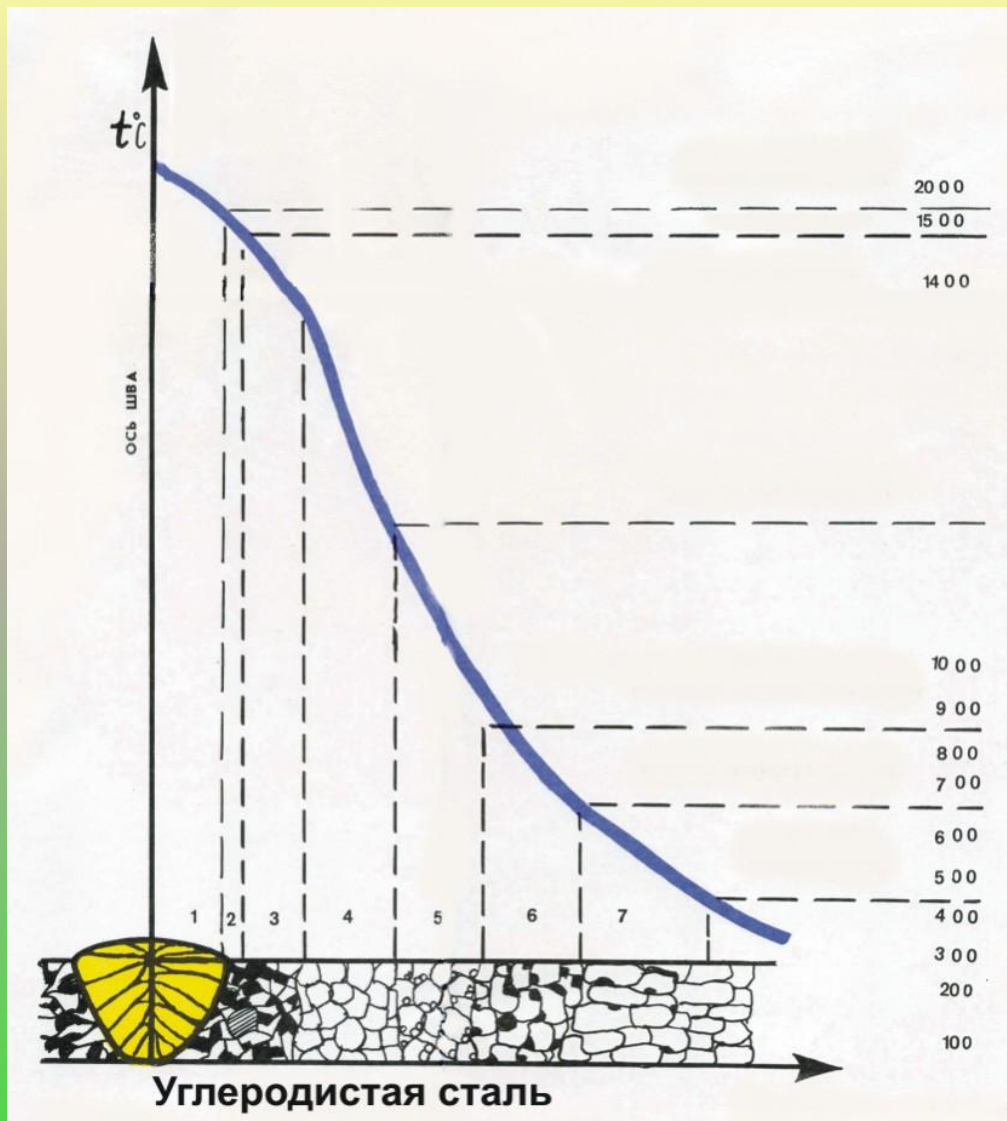


Схема строения сварного соединения



1. Наплавленный металл;
2. Зона сплавления;
3. Участок перегрева
4. Участок нормализации
5. Участок неполной перекристаллизации
6. Участок рекристаллизации
7. Участок синеломкости

**ДУГОВАЯ СВАРКА
ПОКРЫТЫМ
ЭЛЕКТРОДОМ
УГЛЕРОДИСТОЙ
СТАЛИ**

Относительная свариваемость данной стали

Хорошая

- марки Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, сталь 10, 15, 20, 25 и др.

Содержание углерода до 0,25.

Сталь не закаливается, детали свариваются без ограничений и без подогрева.

Удовлетворительная

- марки Ст5, сталь 30, 35 и др.

Содержание углерода до 0,35.

Рекомендуется:

- подогрев до 150...200 °С

Ограниченная

Содержание углерода до 0,45.

Рекомендуется:

- подогрев до 200...300 °С;

- охлаждение после сварки на спокойном воздухе;

- термообработка

Плохая

- марки сталь 65, 70, 75, 80, 85, У7, У8, У9, У10 и др.

Содержание углерода до 0,7.

Рекомендуется:

- подогрев до 300...400 °С;

- медленное охлаждение в печи, под кожухом, в теплом песке, под асбестовой тканью;

- гарантированная термообработка.

Пример типовой разработки технологии ручной дуговой сварки балки из низкоуглеродистой стали

**Операции технологического процесса сварки и
контроль**

1 операция – подготовка основного металла и контроль

КОНТРОЛЬ

Схема термической кислородной резки без грата

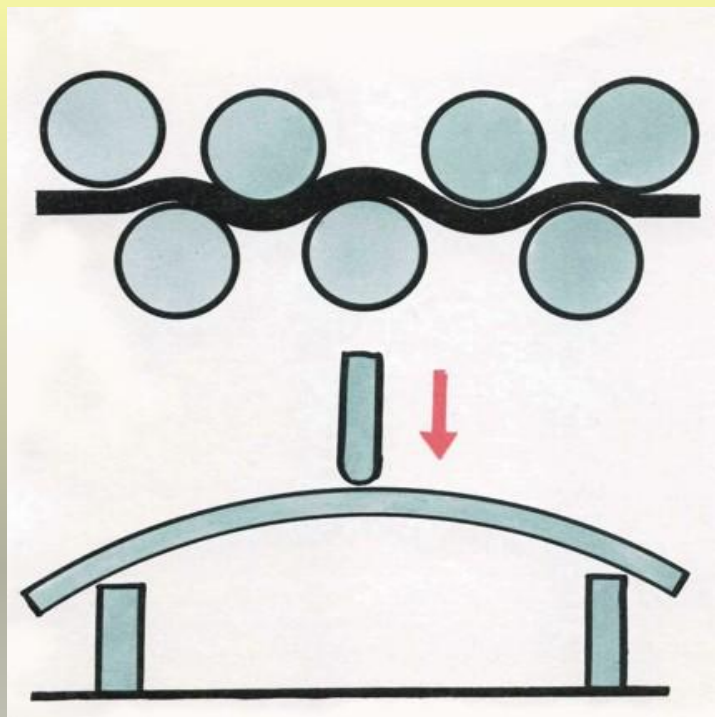
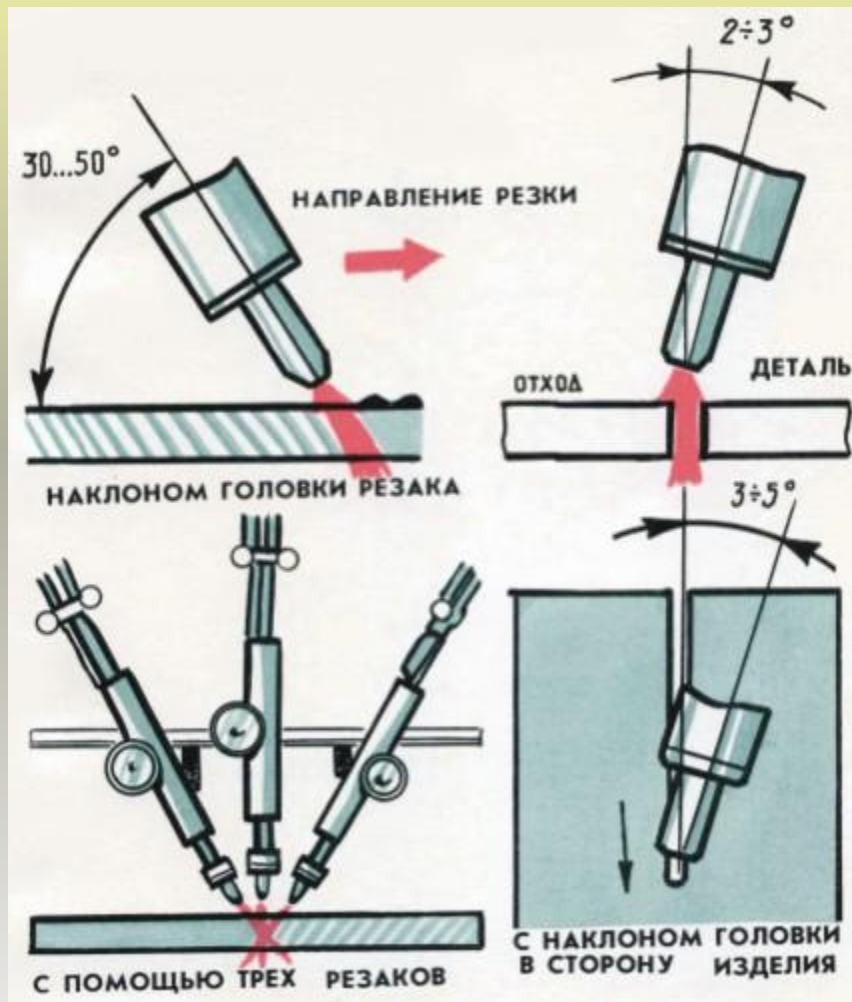
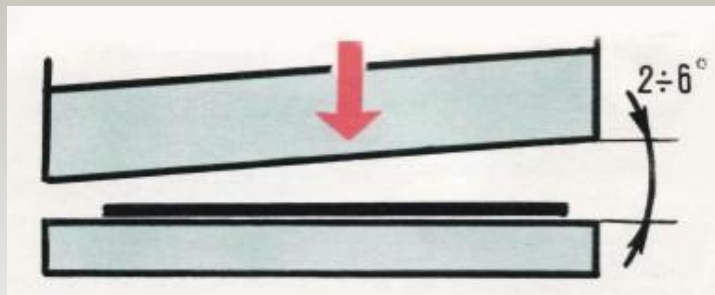
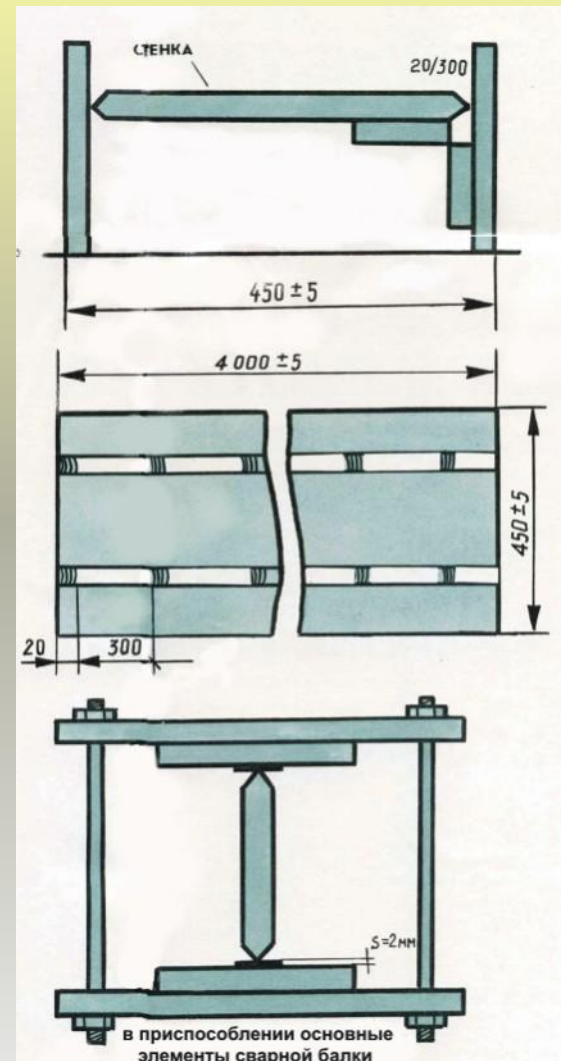
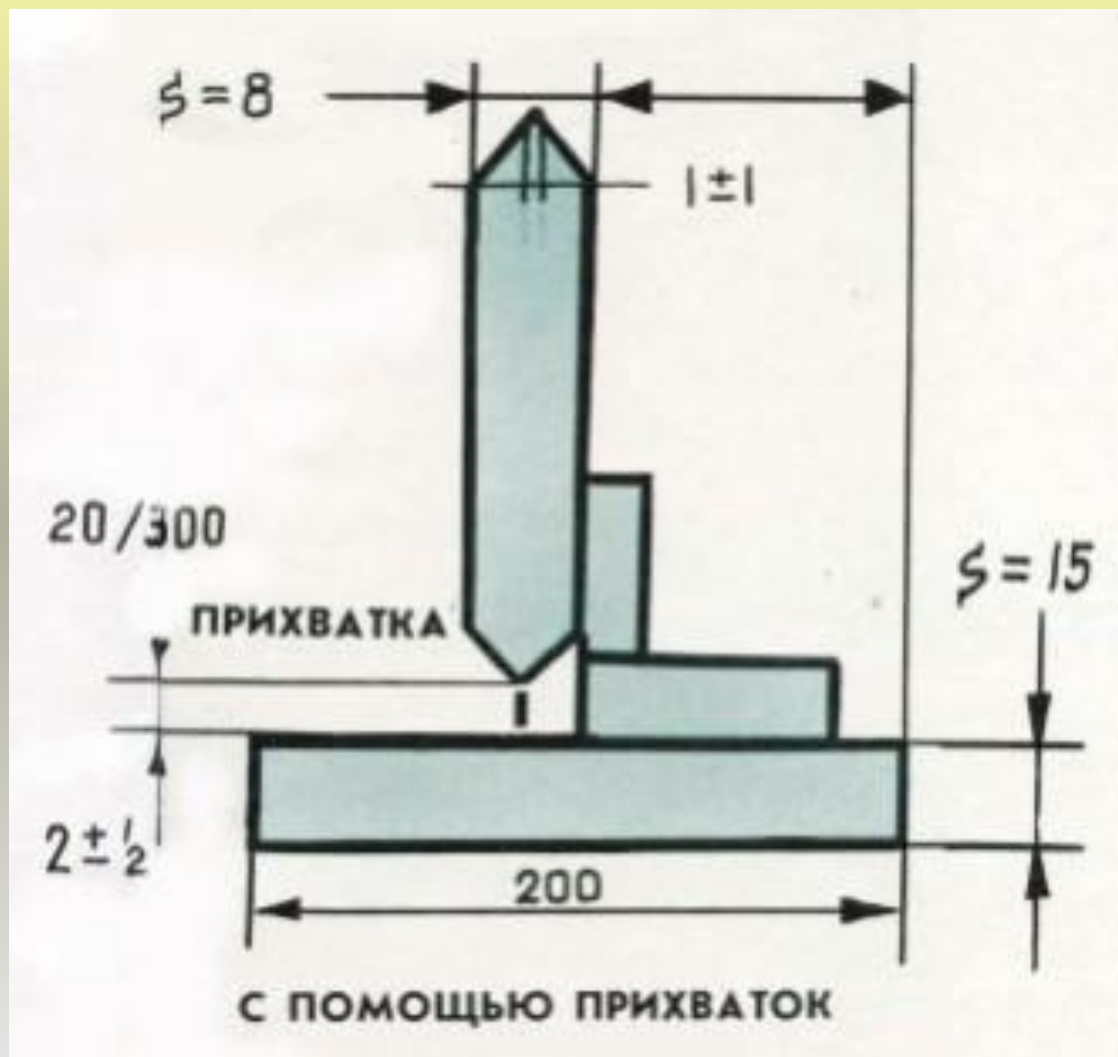


Схема резки на механических ножницах



2 операция – сборка деталей под сварку и контроль



3 операция – выбор режима сварки и контроль

1. Диаметр покрытого электрода выбирают по наименьшей толщине свариваемой детали – стенки 8 мм

S (мм)	2...5	5...10	10...20
d _э (мм)	2,5...4	4...5	5...6

2. Сила сварочного тока определяется по диаметру электрода и коэффициенту пропорциональности для данной стали

$$I_{св} = d_{э} * K, [A] \quad K = 40... 60 \text{ А/мм}$$

либо

$$I_{св} = (20 + 6d_{э}) * d_{э}, [A]$$

3. Напряжение дуги (U_д) или длина должна быть наименьшей, опираться на чехольчик покрытия

$$L_{д} = d_{э} - (1...2), [мм]$$

$$U_{д} = 20 + 0.04 * I_{св}, [V]$$

Либо при короткой дуге

$$U_{д} = 16...18, [V]$$

4. Скорость сварки определяется размерами шва, заданными по ТУ или ГОСТ у (по ширине и выпуклости), смотри ГОСТ 5264 – 80, либо с помощью секундомера и длины шва

$$V_{св} = \alpha_{н} * I_{св}, [см/с]$$

$$V_{св} = 3600 * \gamma * F_{ш}, [см/с]$$

$$V_{св} = \alpha_{н} * I_{св}, [м/с]$$

$$V_{св} = 100 * \gamma * F_{ш}, [м/с]$$

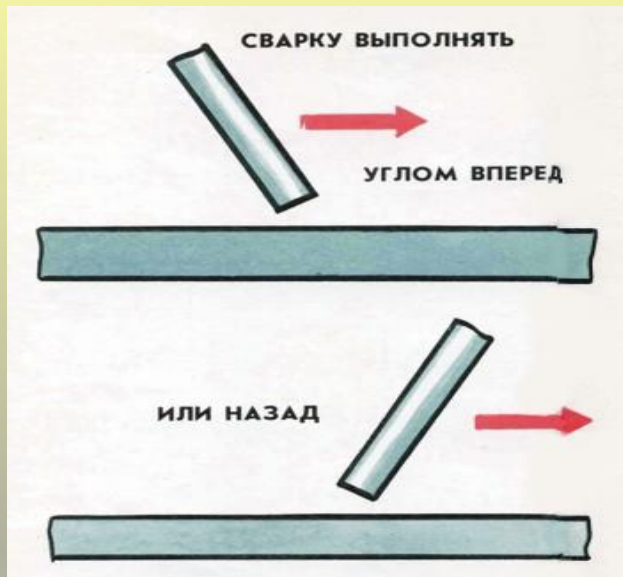
где

$\alpha_{н}$ – коэффициент наплавки, [г/А*ч]

$F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва, [см²]

γ – плотность металла, [г/см³]

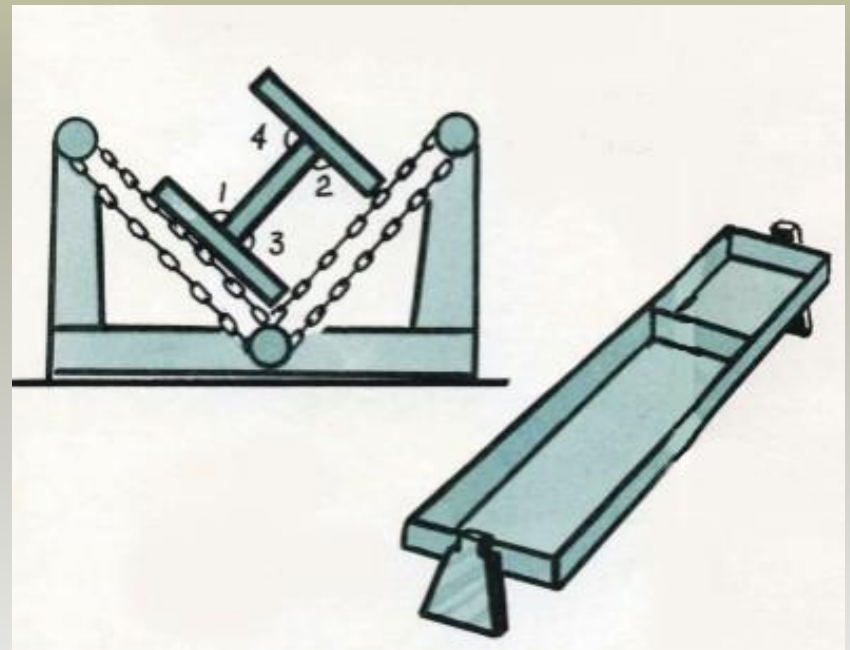
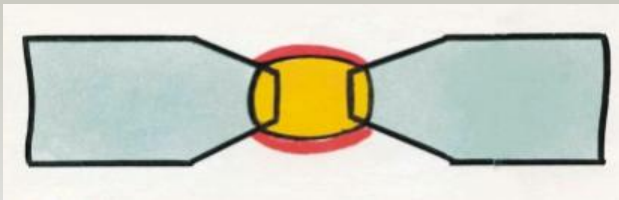
4 операция – техника, последовательность сварки и контроль



Для сварки использовать:

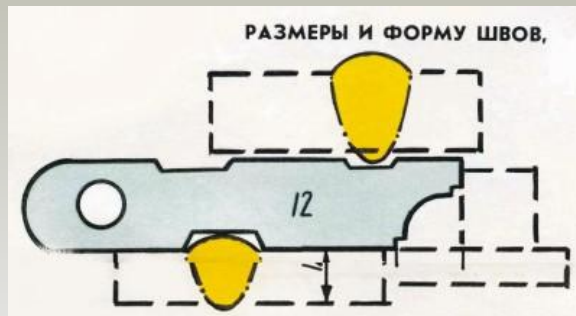
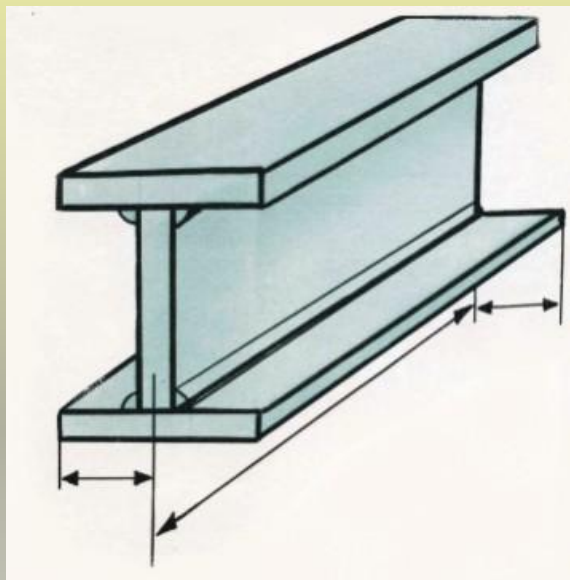
1. Цепной кантователь
2. Поворотный стенд

КОНТРОЛЬ – осмотр корня шва с двух сторон и соблюдение последовательности заполнения швов на балке

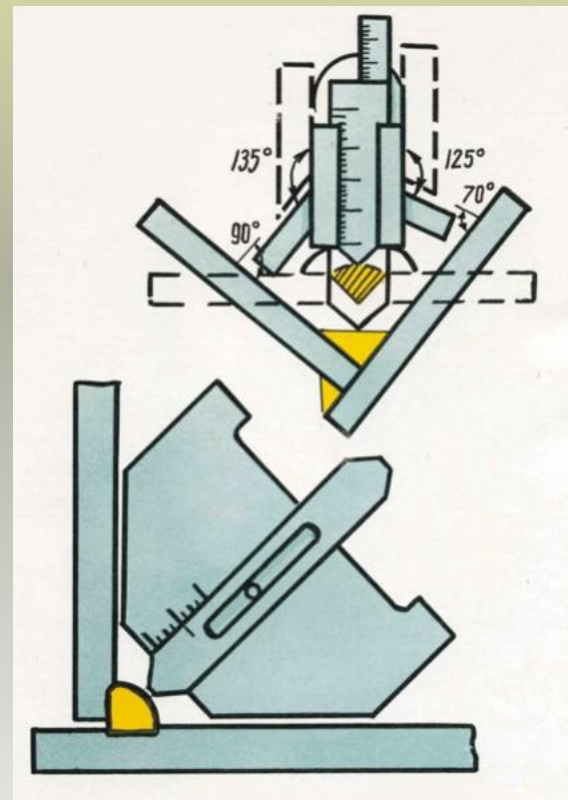


5 операция – контроль готовой сварной балки проводится внешним осмотром и измерением

Проверяют габаритные размеры



Выявляют трещины, поры, подрезы, наплавы, усадочные раковины, свищи, прожоги, шлаковые включения, брызги металла, поверхностное окисление



ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Относительная свариваемость легированной стали

ХОРОШАЯ

- если содержание углерода до 0,2% и легирующих компонентов до 3% (в сумме)

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ

- если содержание углерода до 0,3% и легирующих компонентов до 5%

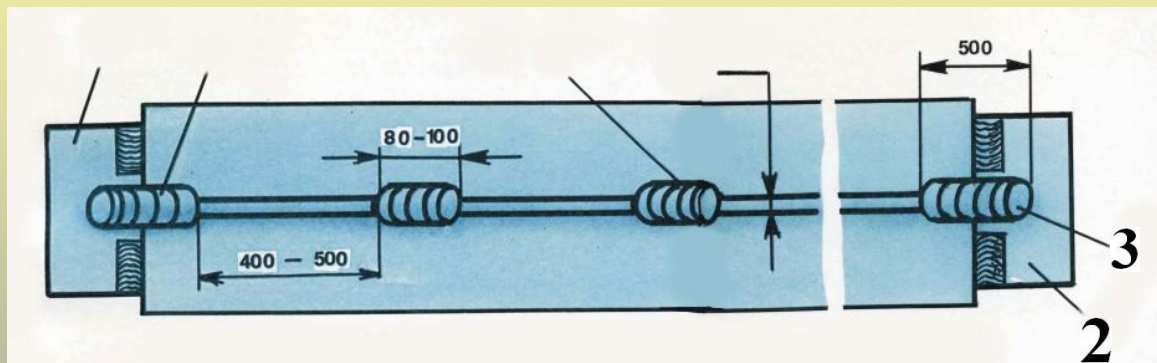
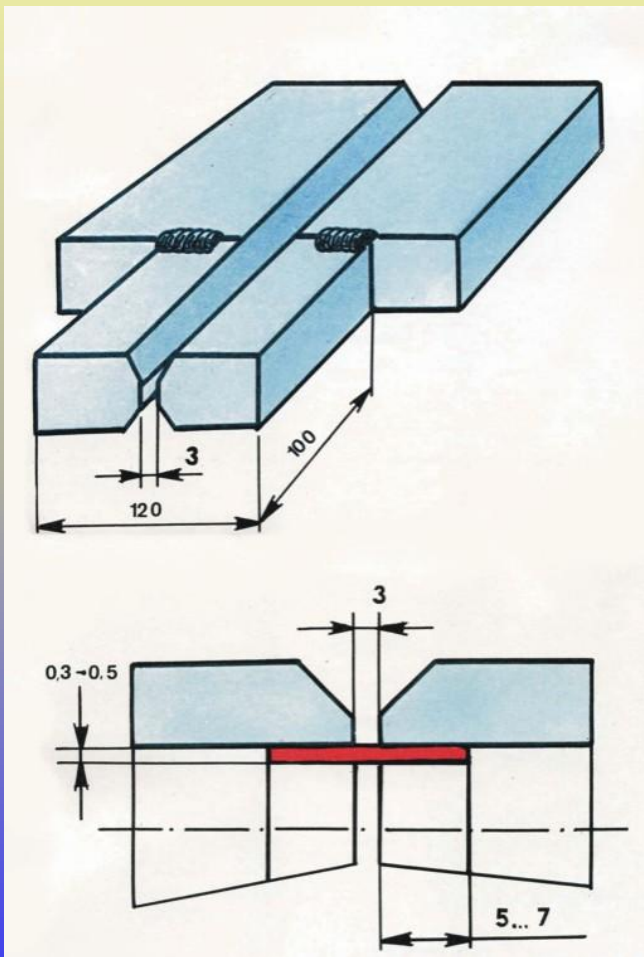
ОГРАНИЧЕННАЯ

- если содержание углерода до 0,4% и легирующих компонентов до 10%

ПЛОХАЯ

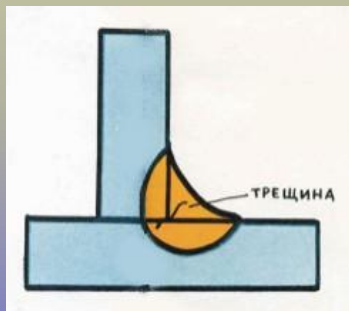
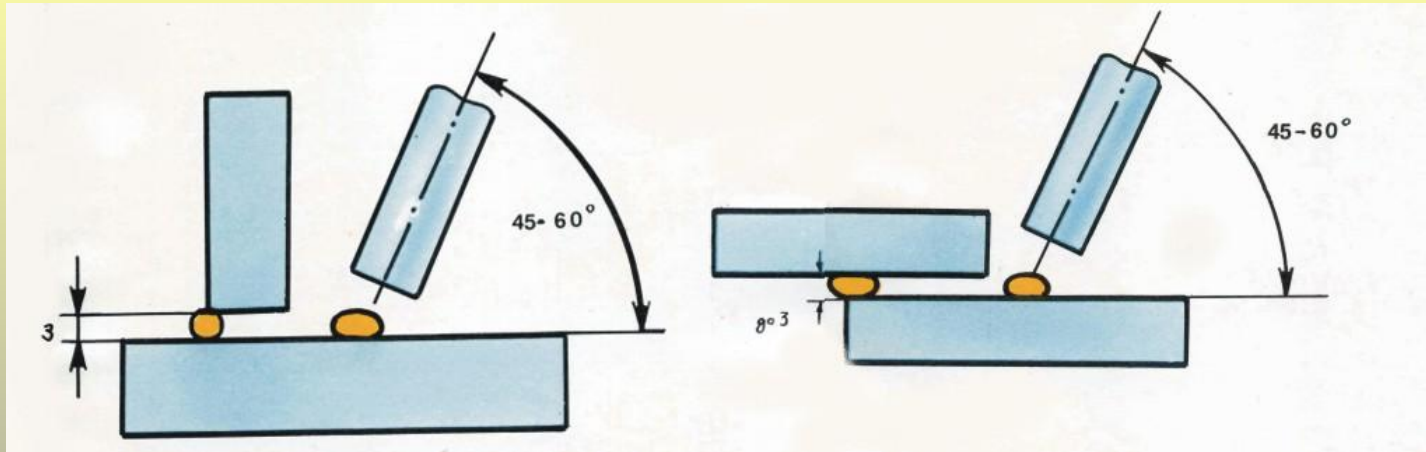
- если содержание углерода более 0,4% и легирующих компонентов более 10%

Схема выполнения прихваток

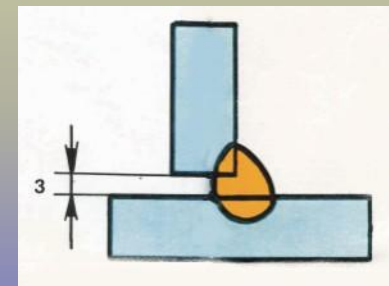


1. Выполнения прихваток
2. Приварка технологических выводных пластин
3. Заполнение подварочного шва стыковых соединений из легированной стали марки 14x2ГМР

Схемы сварки угловых швов

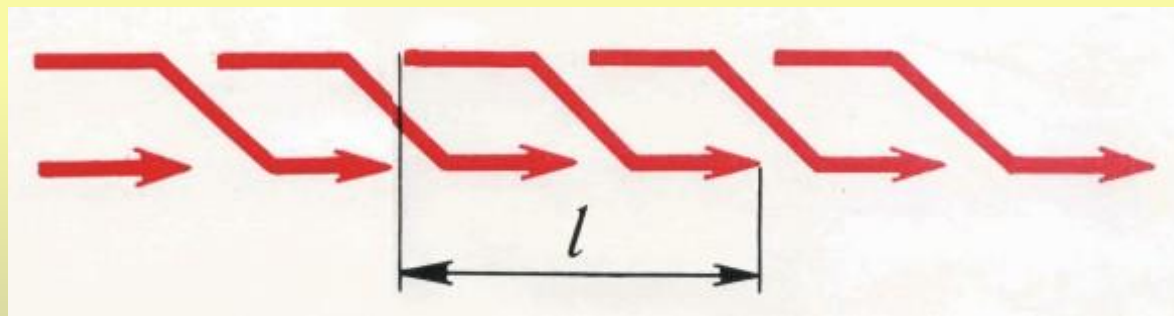


*С малым объемом
сварочной ванны и
наличием зазора*



*С большим объемом
сварочной ванны и
отсутствием
зазора*

Схема выполнения корневых швов с перевязкой



l – длина шва, выполняемого одним электродом

Схема предварительного подогрева стыковых соединений из высокопрочных сталей на удалении от оси шва

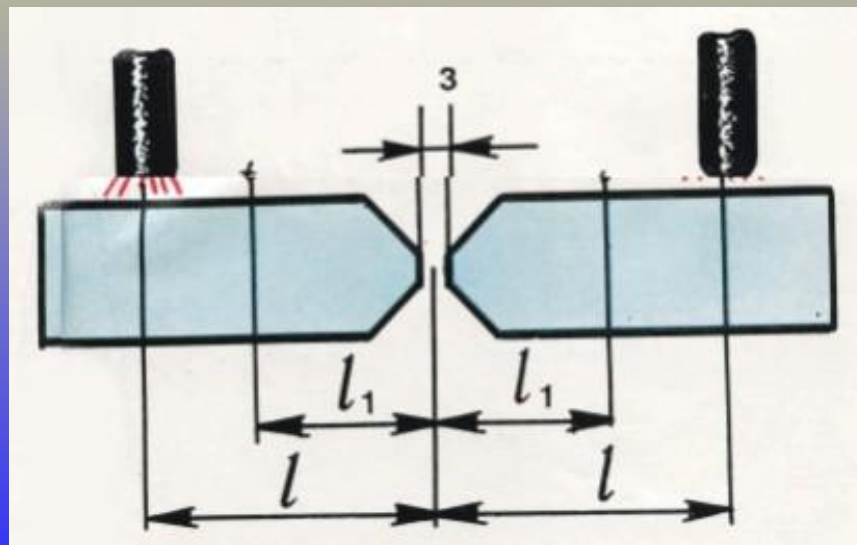
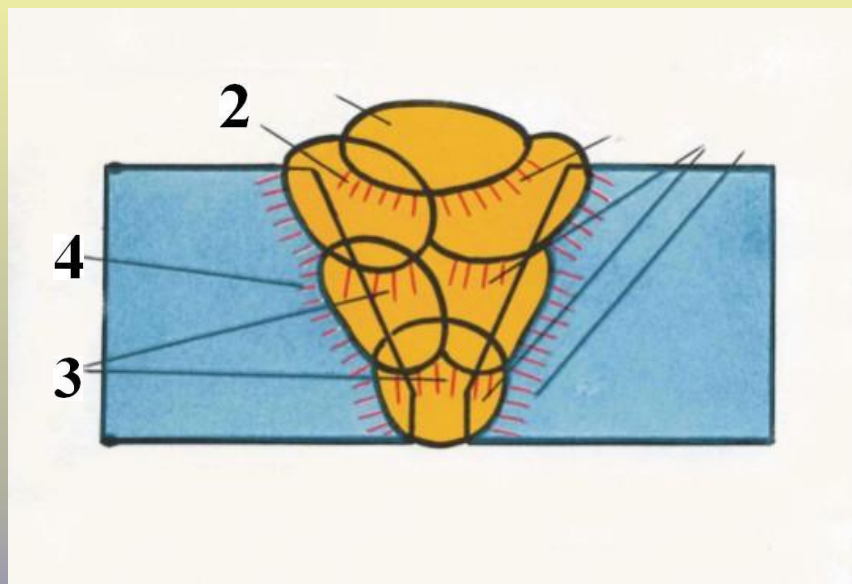


Схема порядка заполнения швов с применением отжигающего валика



1. Отжигающий валик;
2. Зоны отпуска, полученные в результате заполнения отжигающего валика;
3. Зоны отпуска, полученные в результате заполнения отжигающего валика второго и третьего слоев;
4. Зоны отпуска в основном металле.

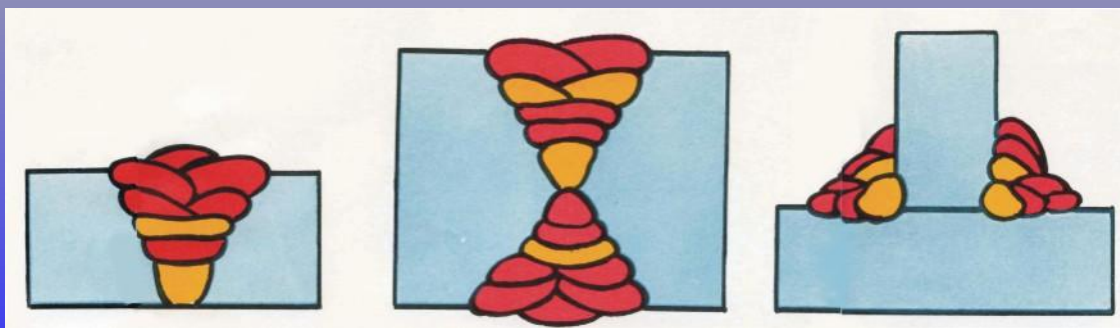
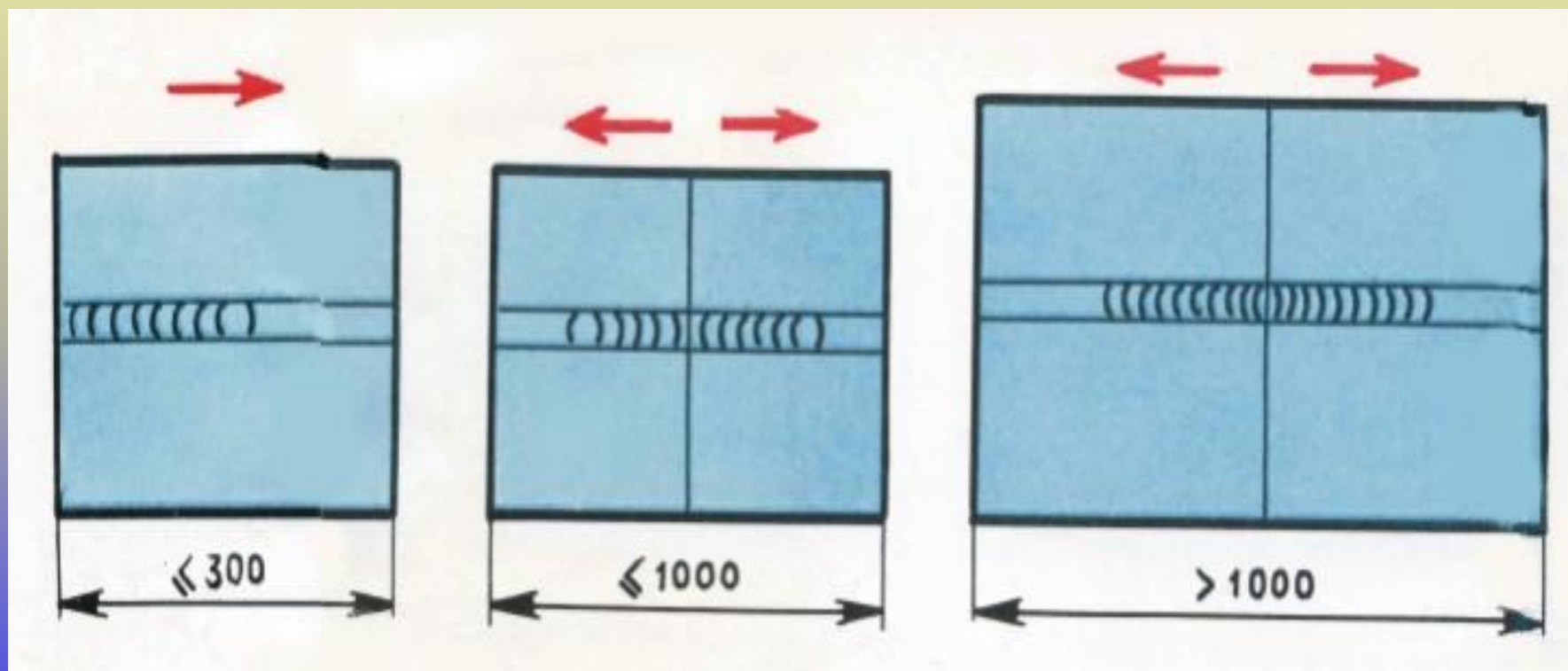


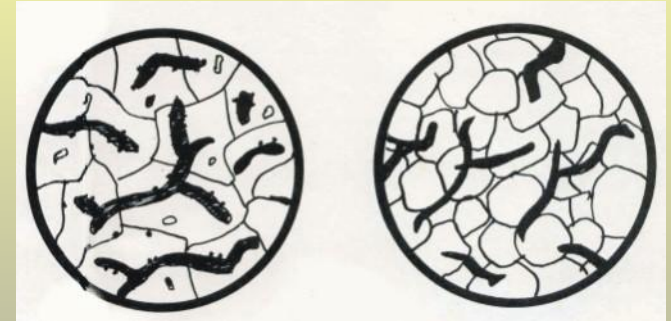
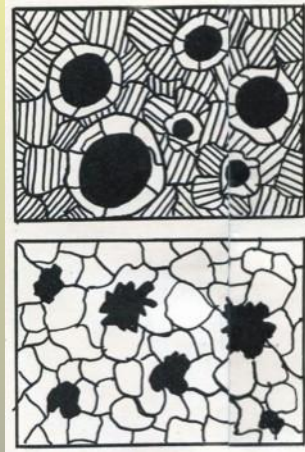
Схема стыковых и тавровых соединений с «мягкими» прослойками



ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЧУГУНА

Относительная свариваемость чугуна

Микроструктура чугуна при увеличении



ОГРАНИЧЕННАЯ – если чугун имеет шаровидную и хлопьевидную мелкозернистую структуру (зерна), равномерно расположенную по всему сечению и длине всей детали, имеющей в химическом составе такие легирующие компоненты (добавки) как кремний, никель, алюминий, медь, кобальт и другие графитизаторы чугуна.

**ВЫСОКОПРОЧНЫЙ
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
КОВКОВЫЕ**

ПЛОХАЯ – если чугун имеет пластинчатую крупнозернистую структуру (зерна), расположенную неравномерно по сечению и длине детали, имеющий в химическом составе такие добавки, как серу, хром, цинк, марганец и другие отбеливатели чугуна.

**БЕЛЫЙ
СЕРЫЙ**

Холодная сварка

Без предварительного подогрева деталей

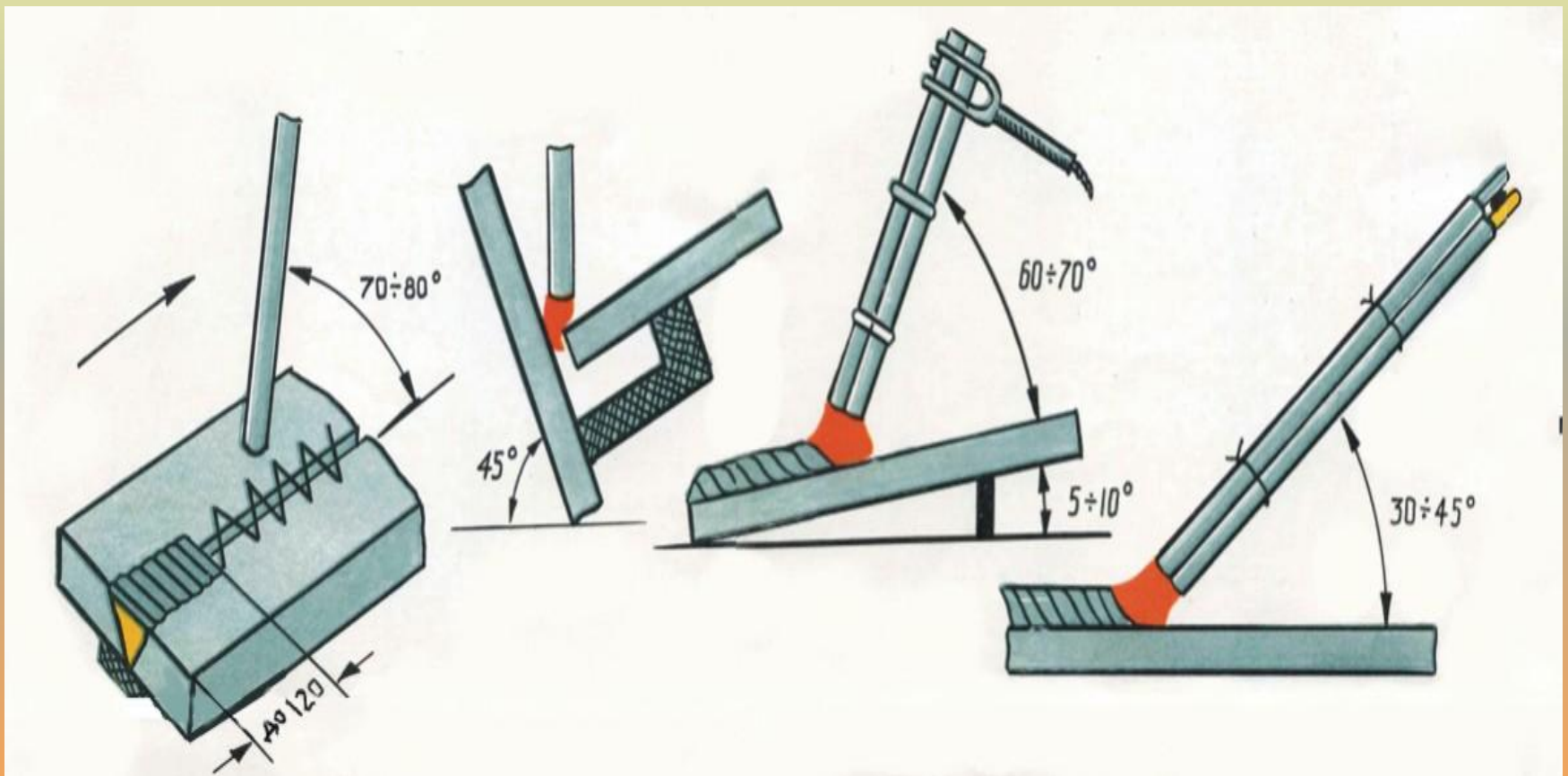
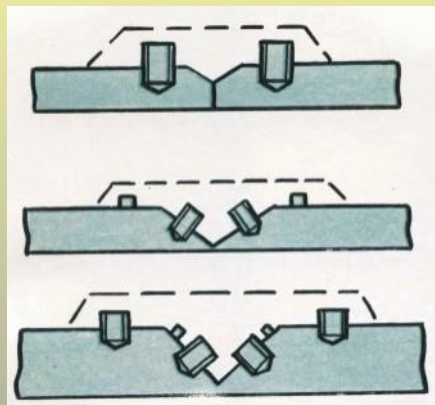
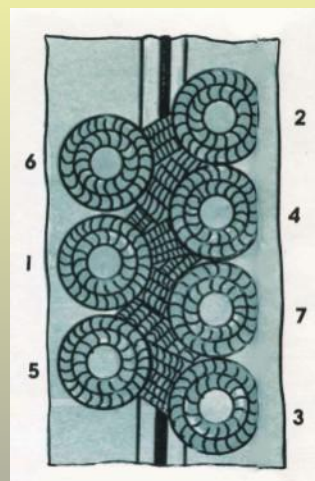


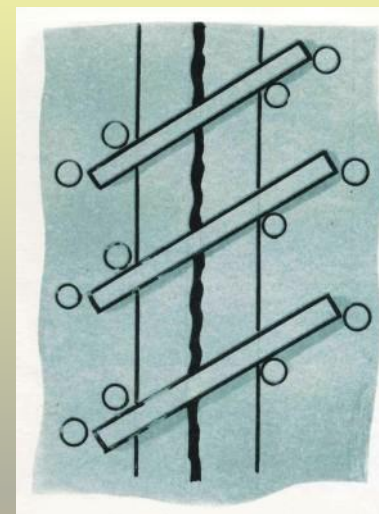
Схема сварки чугуна по стальным шпилькам (ввертышам)



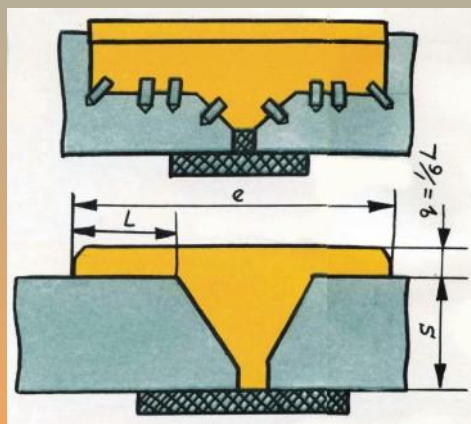
1



2



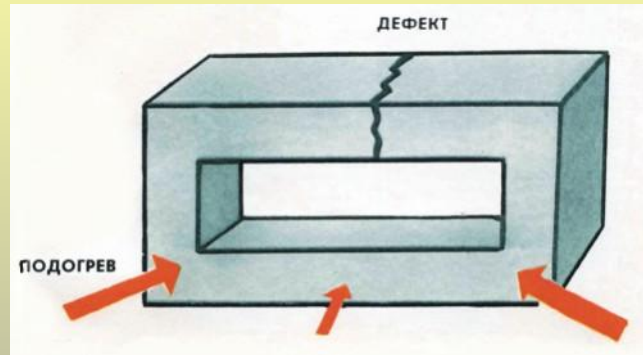
3



4

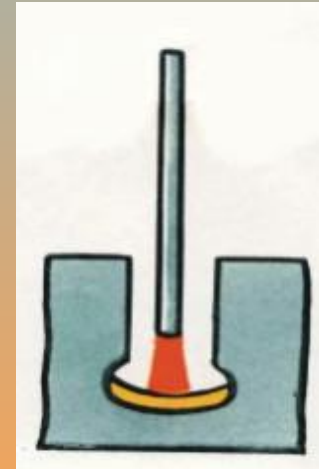
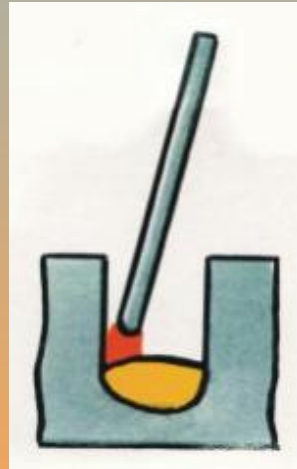
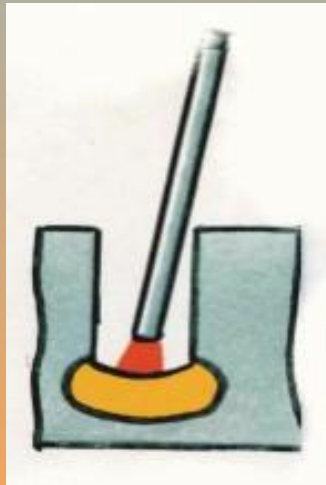
1. Расположение шпилек;
2. Последовательность обварки шпилек;
3. Установка стальных связей (стержней) между шпильками;
4. Свариваемое изделие.

Горячая сварка с подогревом

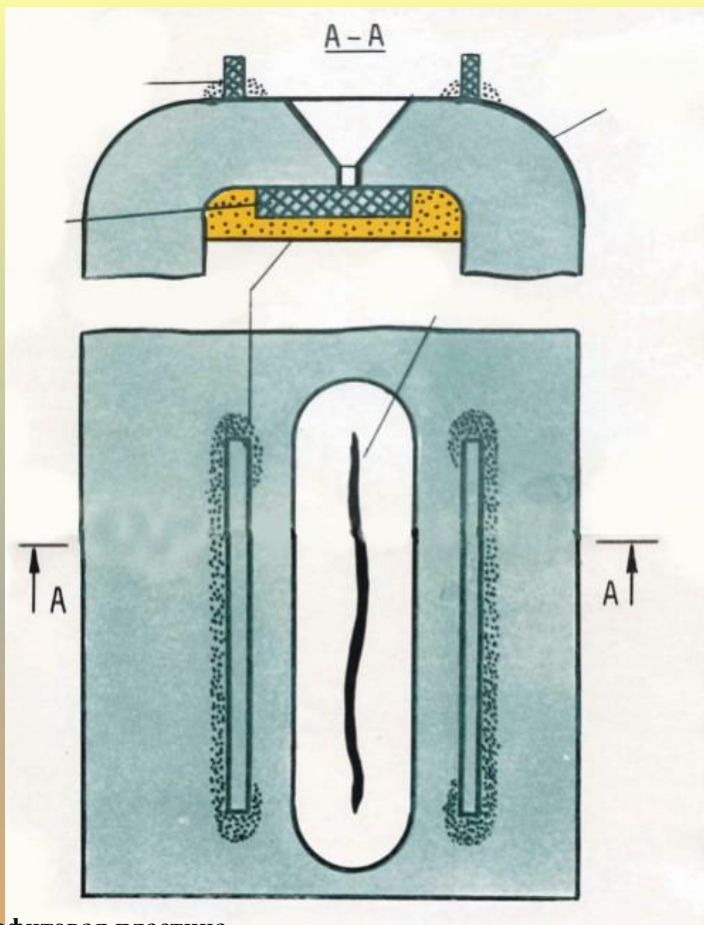


Холодная
Перегретая
Нормальная

Формы сварочной ванны в зависимости от её нагрева



Подготовка чугунного изделия



Графитовая пластина

Графитовая
подкладка
Формовочная
смесь

Трещина
Изделие

Подогрев плазменной горелки для газовой сварки

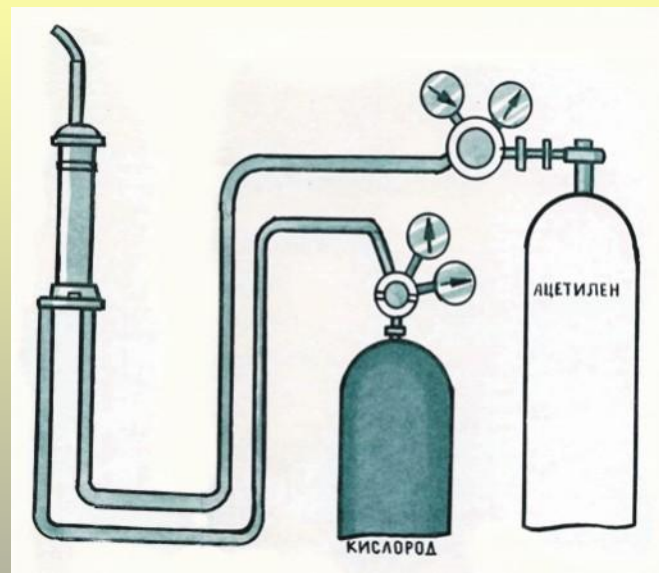
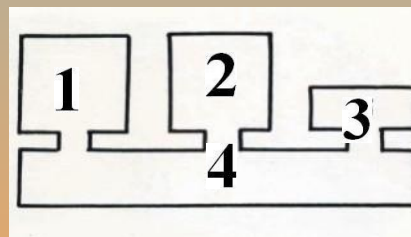


Схема расположения печей для подогрева чугунных деталей



1,2 – печи;
3 - камера охлаждения;
4 - сварочный стол.

Покрытые комбинированные электроды



Стальной стержень

Медный стержень



Готовый покрытый электрод

Покрытие

Прихватки

Пучок комбинированных
электродов



**ТЕХНОЛОГИЯ
ДУГОВОЙ СВАРКИ
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
(СПЛАВОВ)**

Основные особенности (трудности) сварки данных металлов (сплавов)

МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ

- 1- Легкое образование оксида в расплавленном состоянии;
- 2 – Склонность к образованию горящих трещин и микротрещин (водородная боязнь меди);
- 3 - Повышенная жидкотекучесть;
- 4 – Склонность к росту зерен;
- 5 – Необходимость предварительного подогрева.

Основные виды сварки

1. Покрытым электродом из меди (сплавы латуни, бронзы);
2. Угольным электродом с присадочной проволокой и флюсом;
3. Ручная аргонодуговая и плазменная сварка.

Основные особенности (трудности) сварки данных металлов (сплавов)

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

- 1- Образование тугоплавкого и тяжелого оксида;
- 2- Склонность к образованию горячих трещин;
- 3- Склонность к повышенной пористости, особенно сплавов АМг;
- 4- Отсутствие видимой сварочной ванны при газовой сварке.

Основные виды сварки

1. Покрытым электродом из алюминия (сплава);
2. Угольным электродом с присадочной проволокой и флюсом;
3. Ручная аргонодуговая и плазменная сварка.

Основные особенности (трудности) сварки данных металлов (сплавов)

МАГНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

- 1- Образование тугоплавкого оксида;**
- 2- Образование крупнозернистой структуры;**
- 3- Появление пор и трещин.**

Основные виды сварки

- 1. Угольным электродом с присадочной проволокой и флюсом;**
- 2. Ручная аргонодуговая и плазменная сварка.**

Основные особенности (трудности) сварки данных металлов (сплавов)

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

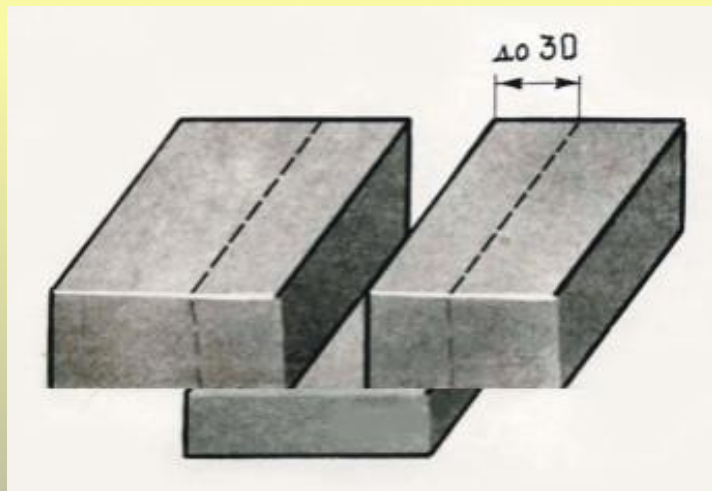
- 1- Интенсивное поглощение вредных газов – кислорода, водорода и азота (жаропрочные сплавы титана не теряют своих свойств при нагреве до 500...600);**
- 2- резкое снижение пластических свойств из-за проникновения в металл вредных газов;**
- 3- Образование крупнозернистой структуры;**
- 4- Возможность появления холодных трещин.**

Основные виды сварки

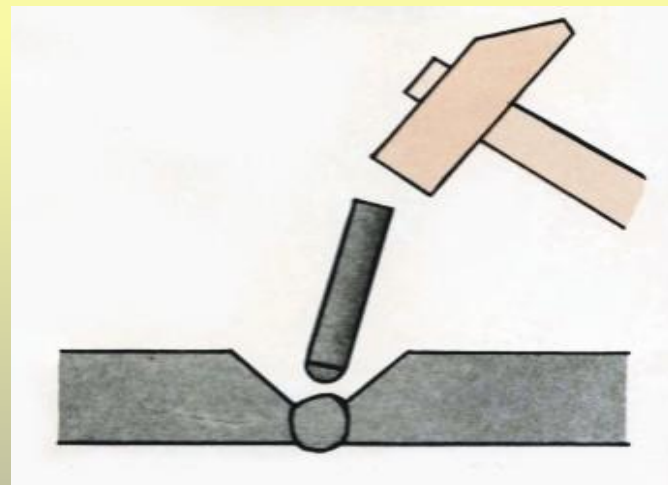
- 1. Ручная аргонодуговая и плазменная сварка.**

**ВСЕ ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ
И СПЛАВЫ ТРЕБУЮТ
ВЫСОКОЙ КУЛЬТУРЫ
ПРОИЗВОДСТВА**

Участки зачистки и обезжиривания



Проковка швов после сварки



Подогрев медных деталей до $150...250\text{ }^{\circ}\text{C}$

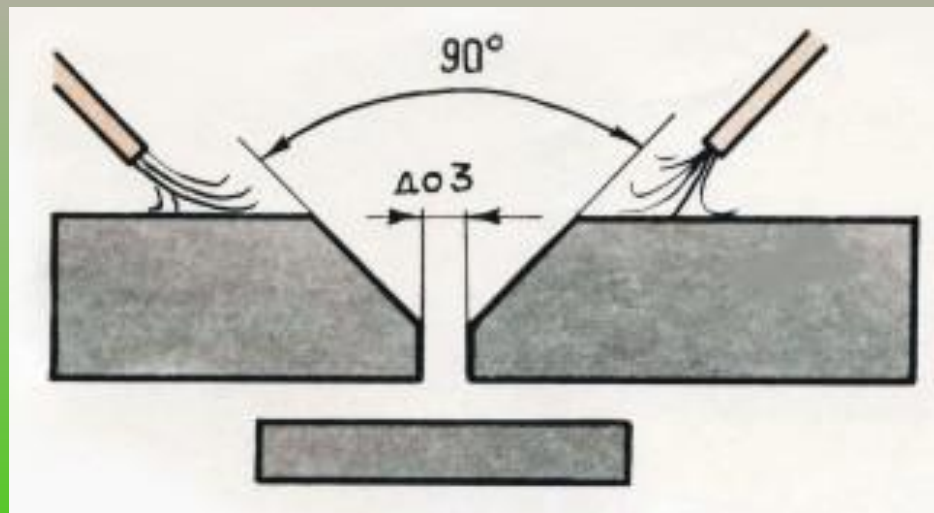
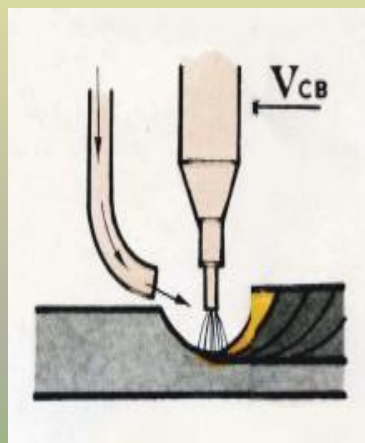
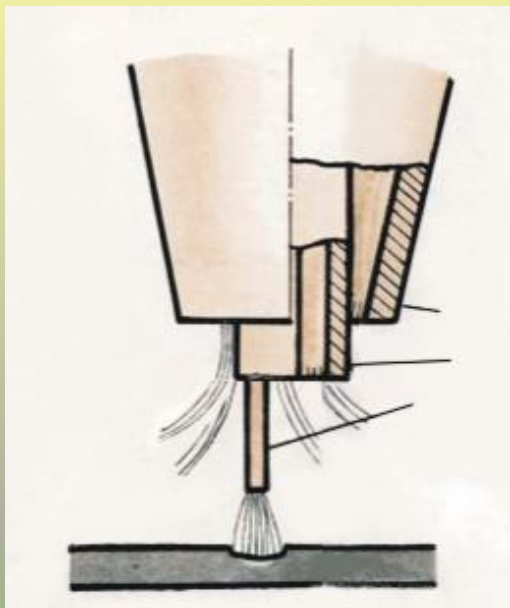


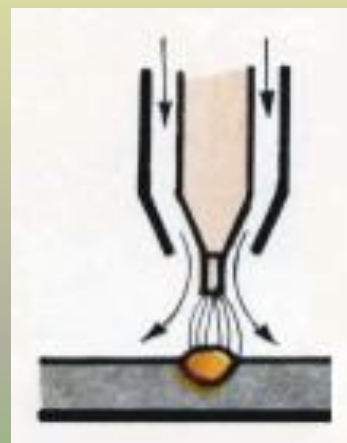
Схема аргонодуговой сварки изделий

Подача защитных газов в зону сварки



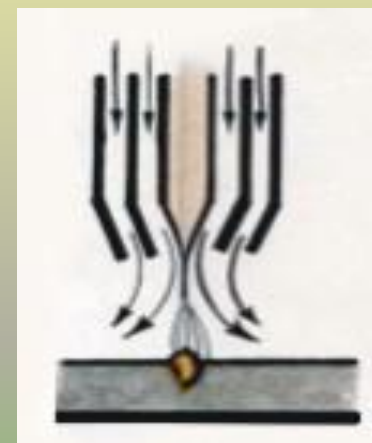
1

1. Боковая



2

2. Центральная с одним concentрическим потоком.



3

3. Центральная с двумя concentрическими потоками.

1 1. Вольфрам

2 2. Сопло аргона

3 3. Сопло азота

Схема аргонодуговой сварки изделий с применением приспособлений Клавишного прерывистого типа

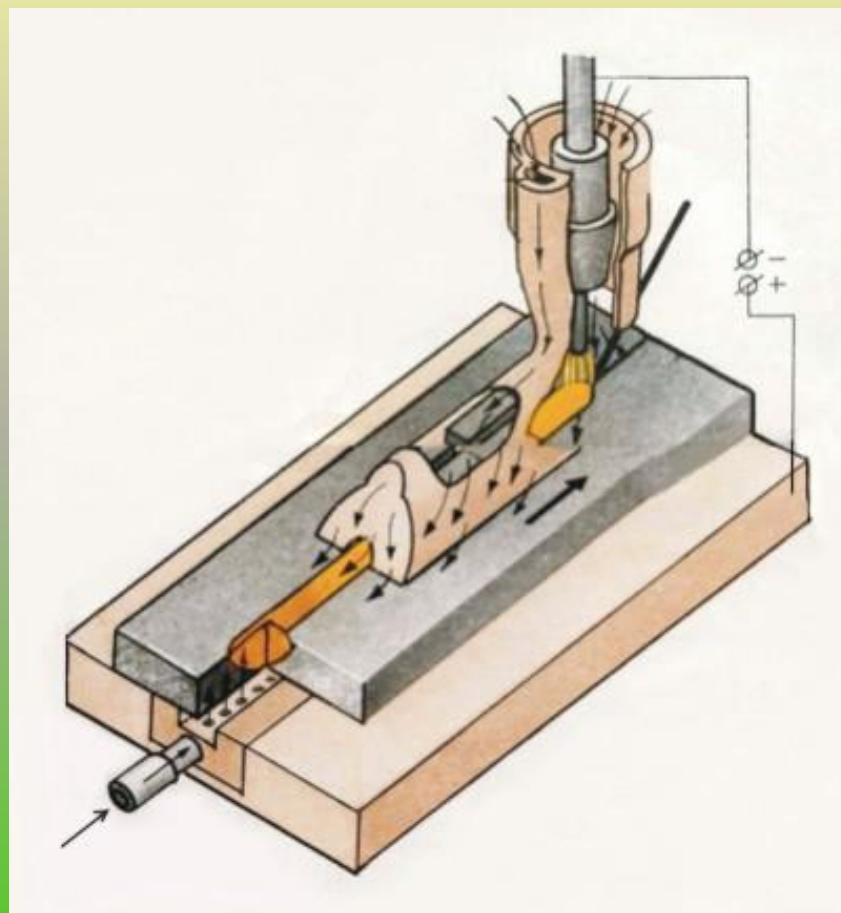
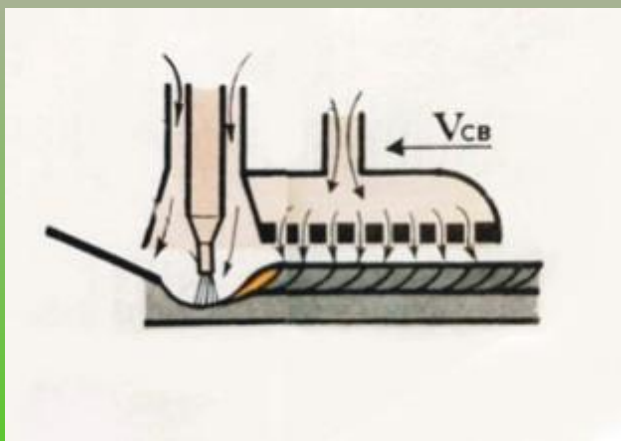
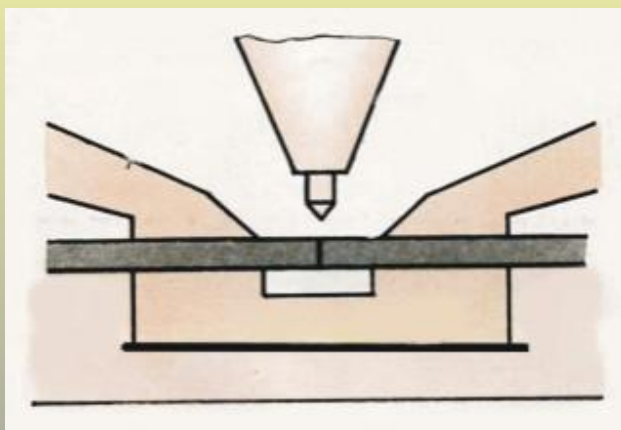


Схема аргонодуговой сварки изделий с применением приспособлений

Прижимов непрерывного типа

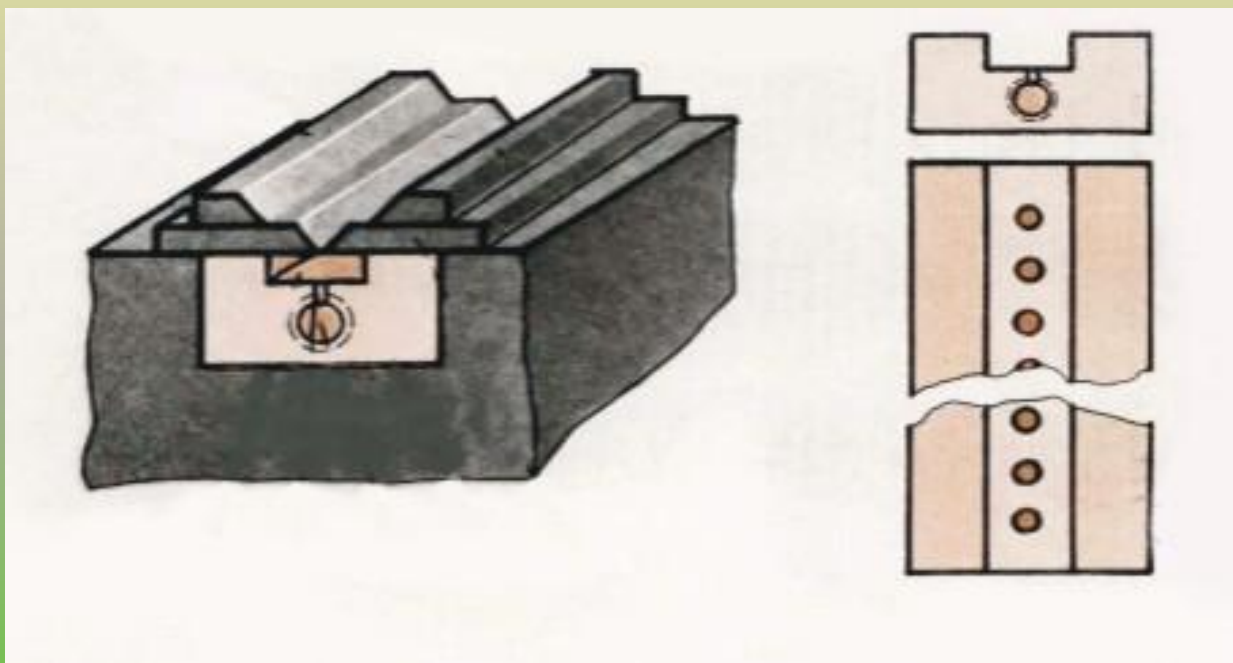
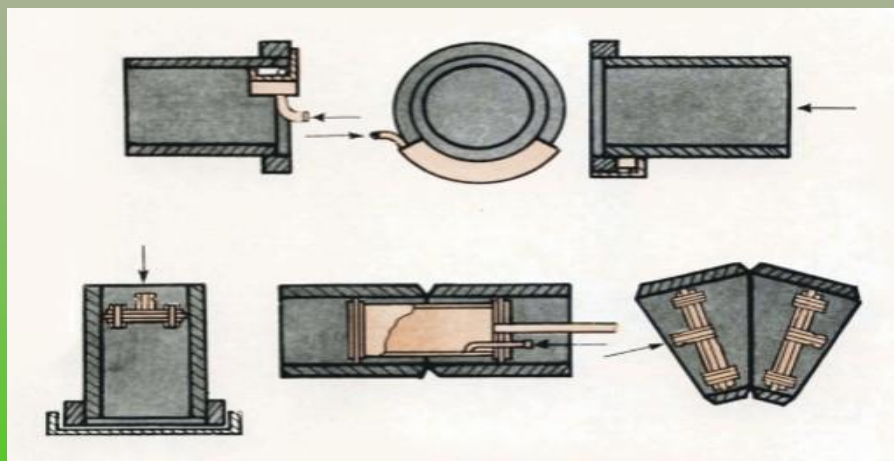
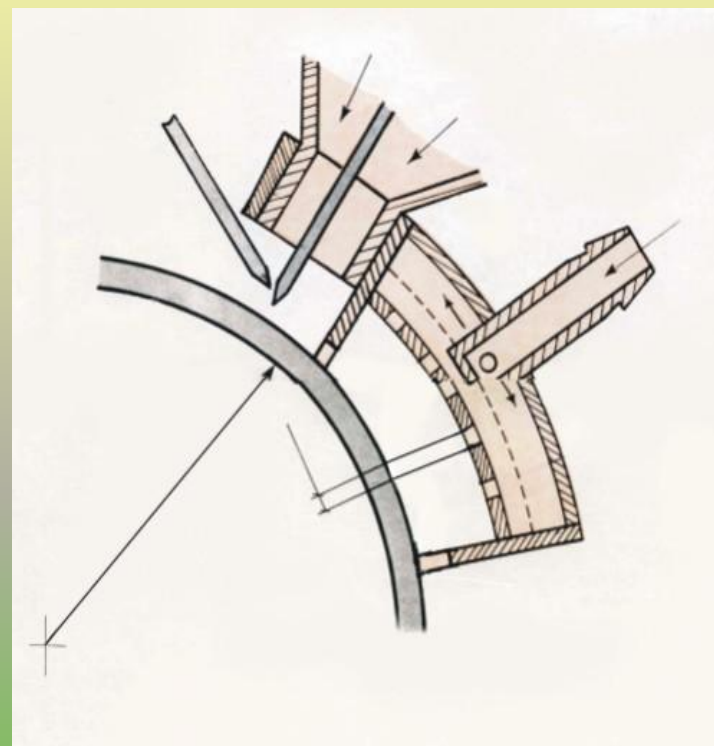
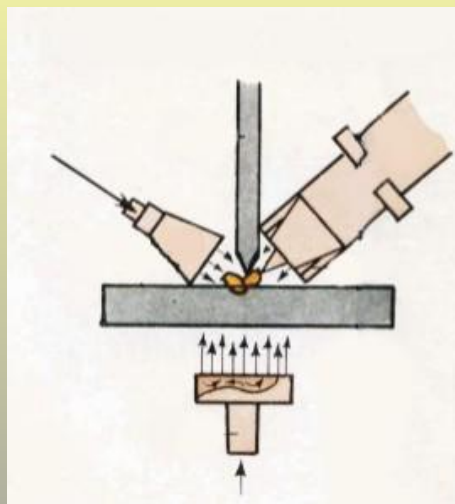
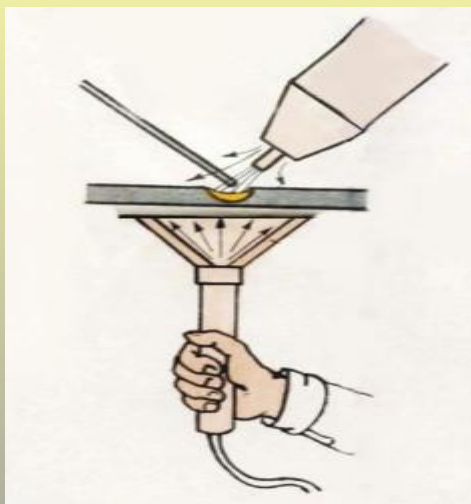
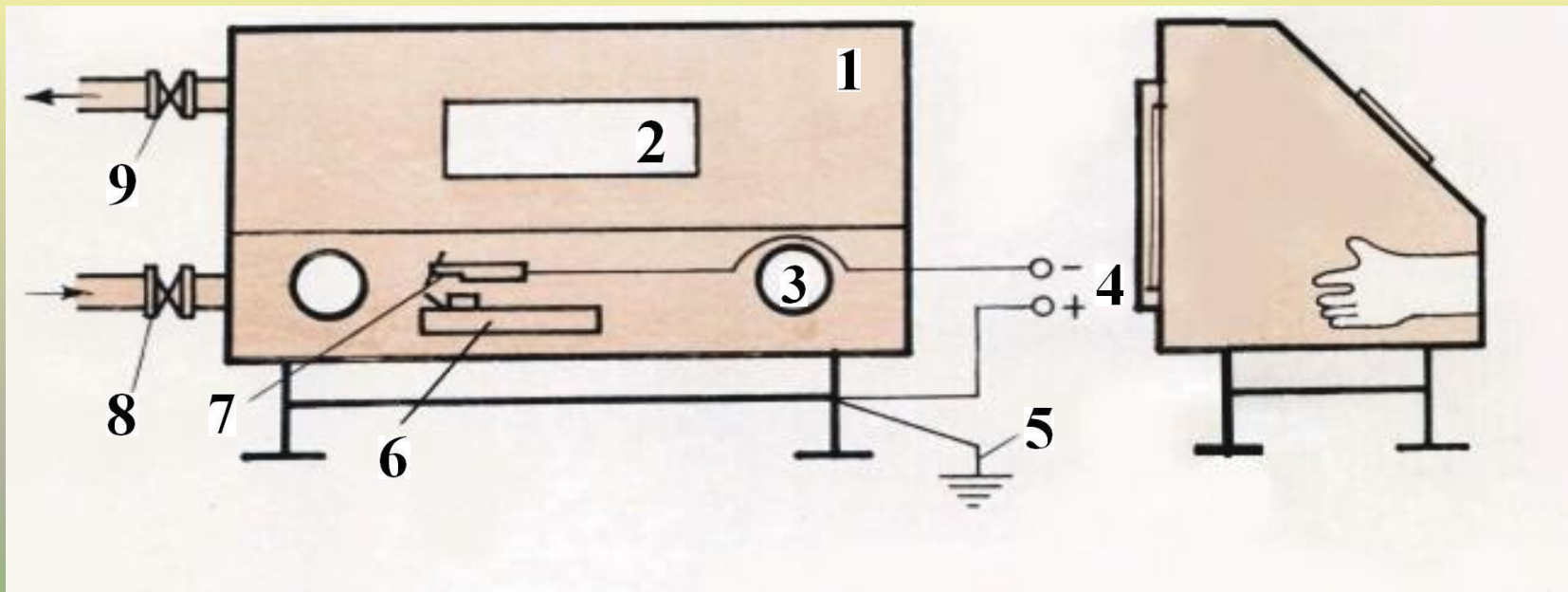


Схема защиты лицевой и обратной стороны шва (корня шва) при сварке



1. Стыковых соединений
2. Тавровых соединений
3. При сварке трубопроводов
4. Для защиты внутренней (обратной) стороны трубопроводов

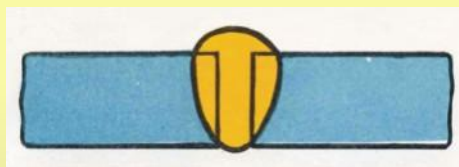
Схема сварки титана в камерах и боксах с контролируемой средой



1. Камера (бокс)
2. Защитное стекло;
3. Резиновые перчатки;
4. Источник питания дуги (прямая полярность);
5. Заземление камеры;
6. Свариваемое изделие;
7. Горелка для дуговой сварки;
8. Трубопровод для подачи аргона;
9. Трубопровод для откачки воздуха из камеры.

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Схема использования рациональной разделки кромок



Способы соединений

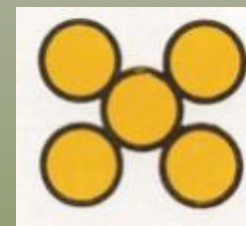
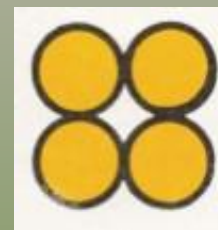
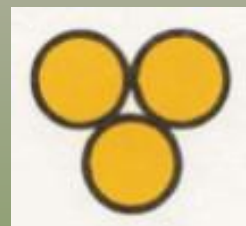
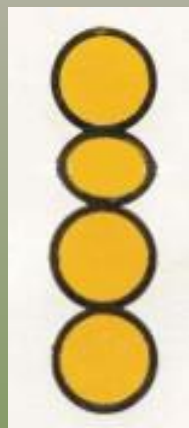
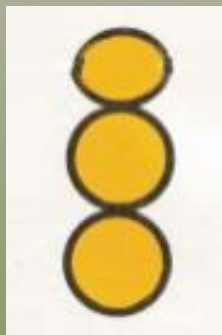
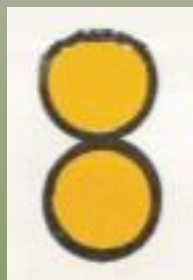


Схема сварки наклонным электродом

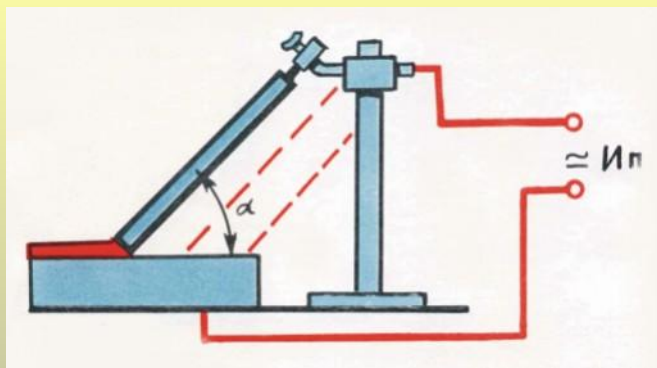
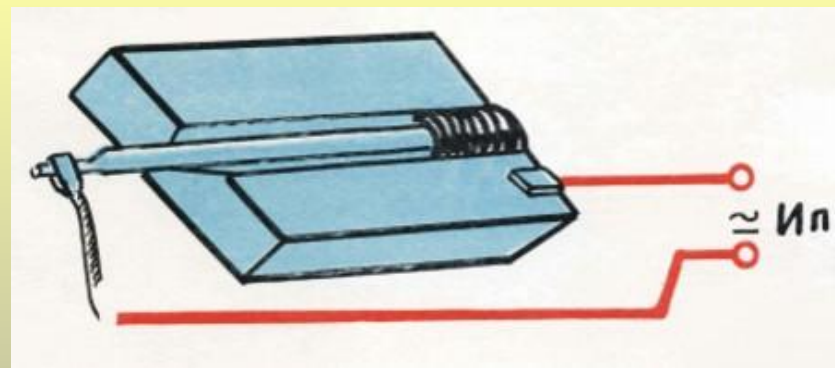


Схема сварки лежащим электродом



Сварка трёхфазной дугой

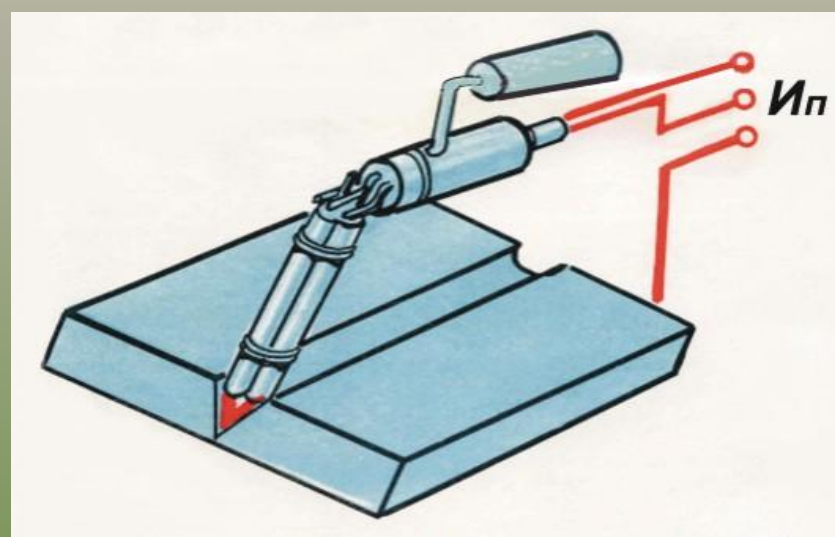
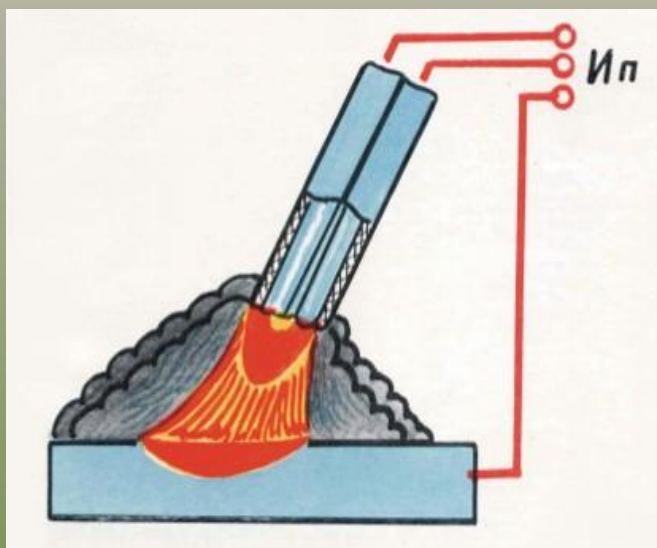
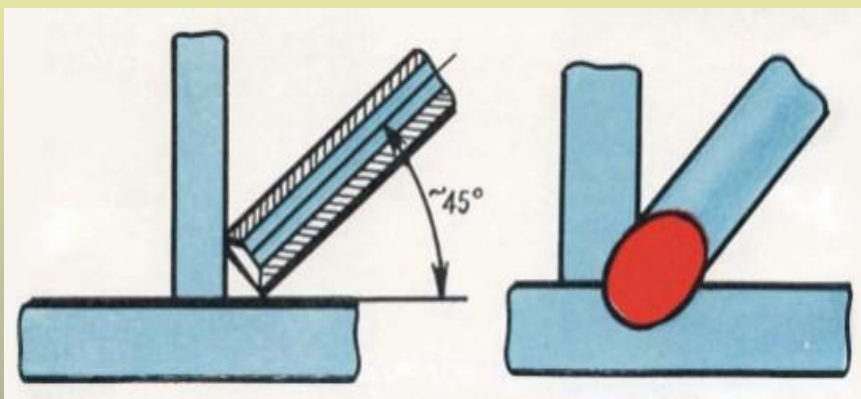
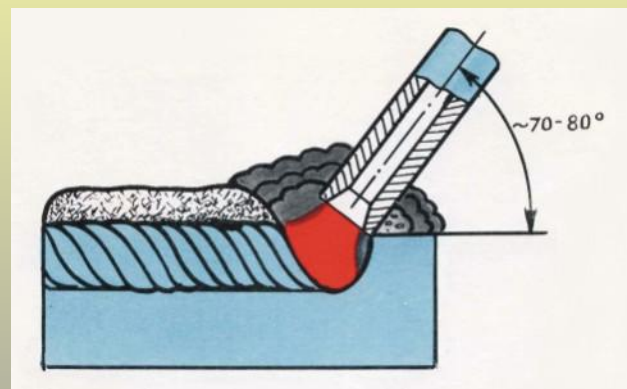


Схема сварки с глубоким проплавлением (с опиранием на чехольчик покрытия)

УГЛОВЫХ ШВОВ



СТЫКОВЫХ ШВОВ



Погружённой дугой

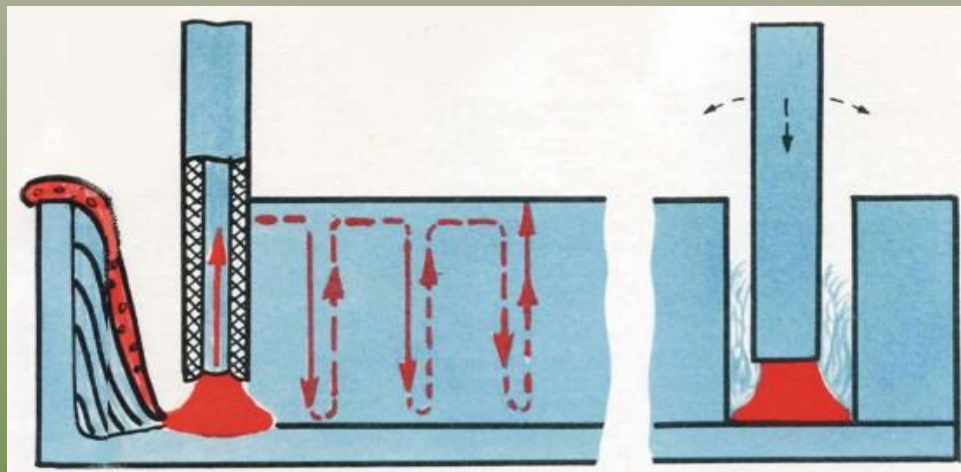
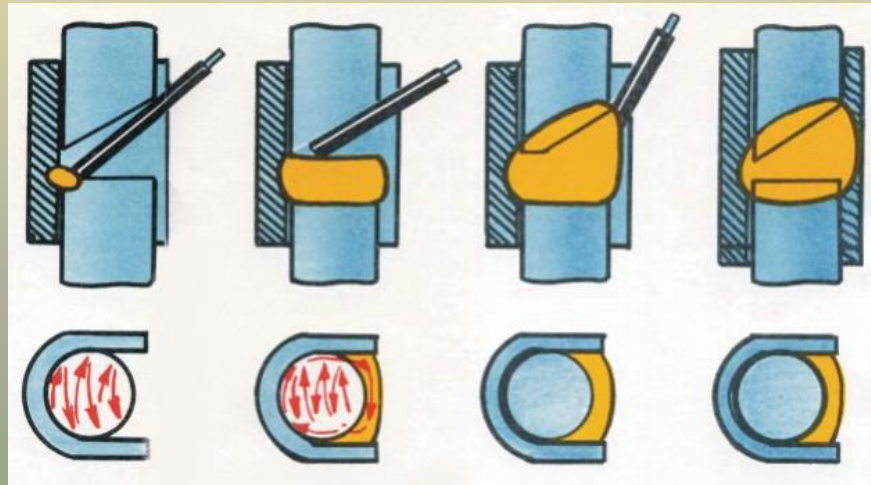


Схема сварки с глубоким проплавлением (с опиранием на чехольчик покрытия)

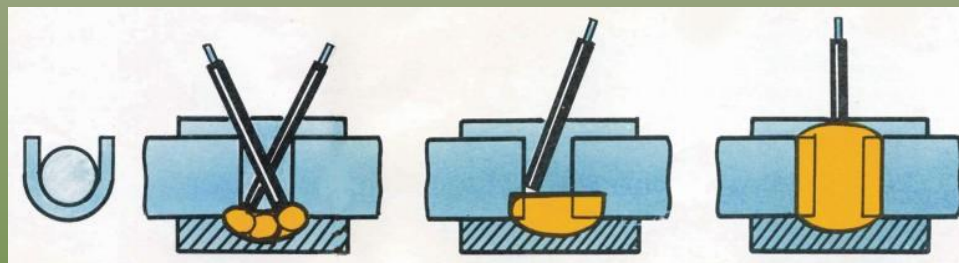
Вертикально



Горизонтально



В сварочной ванне



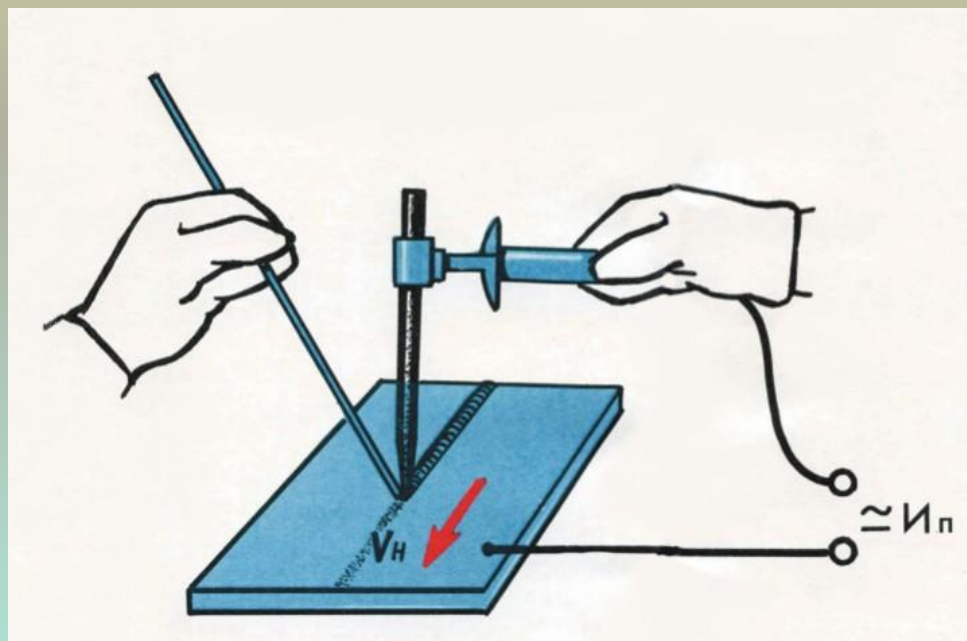
Устройство бункера для безогарковой сварки



ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

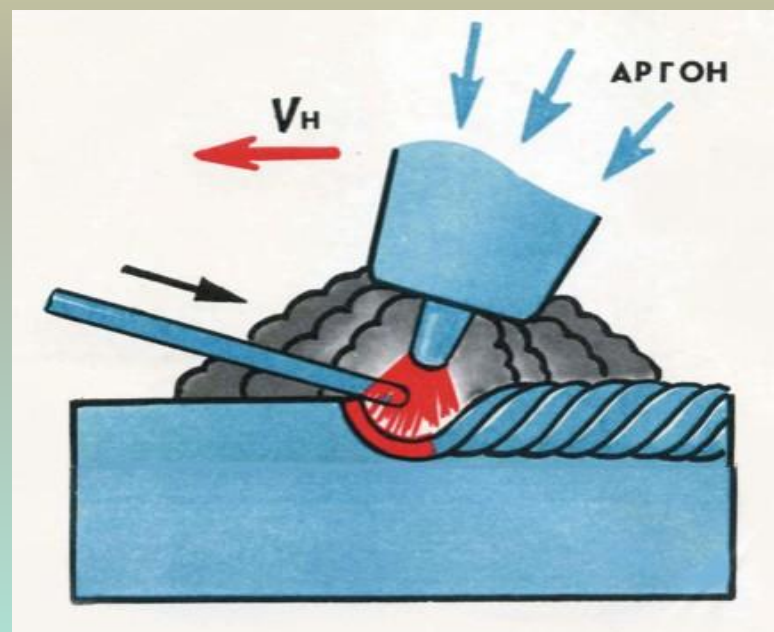
Угольным электродом,

используя порошковые и зернистые смеси, керамику, керамические легирующие флюсы, чугунные опилки (крошку)

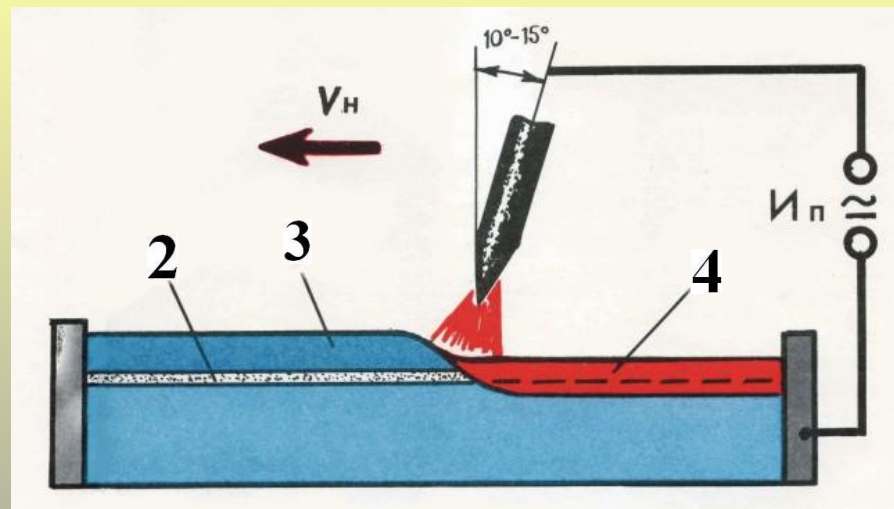
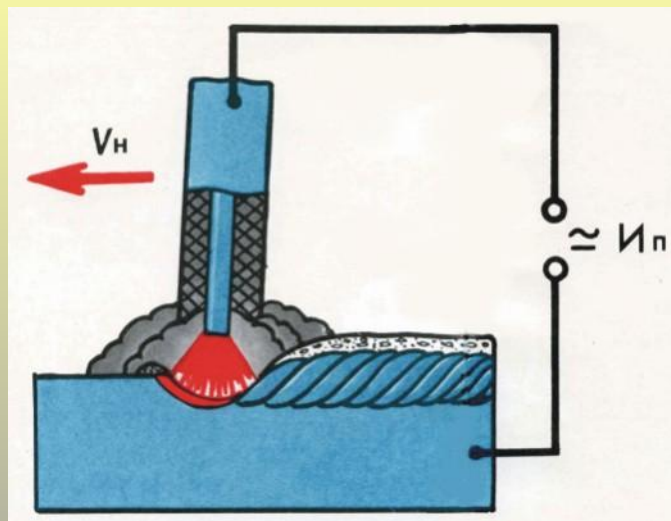


Вольфрамовым электродом

в инертных газах
(аргон, гелий и их смеси)
с использованием
высоколегированной присадочной
проволоки



Покрытым электродом



- 1- графитовые пластины;
- 2- слой прокаленной буры;
- 3- слой твердого сплава;
- 4- наплавленный слой.

Движение электрода

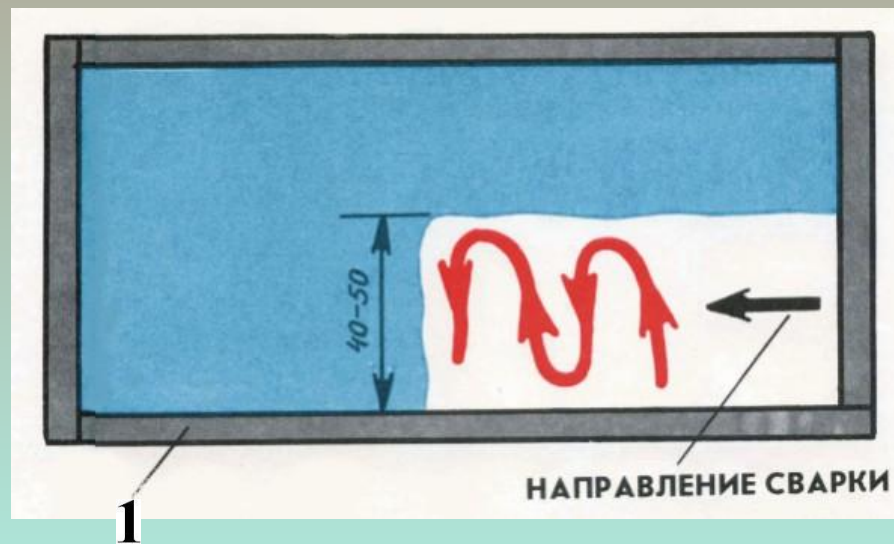
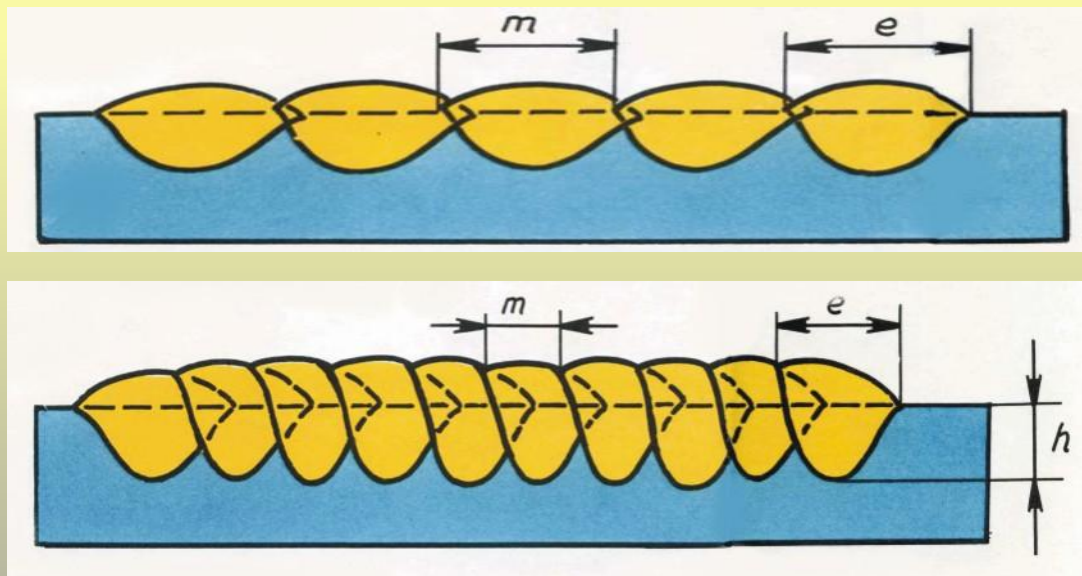
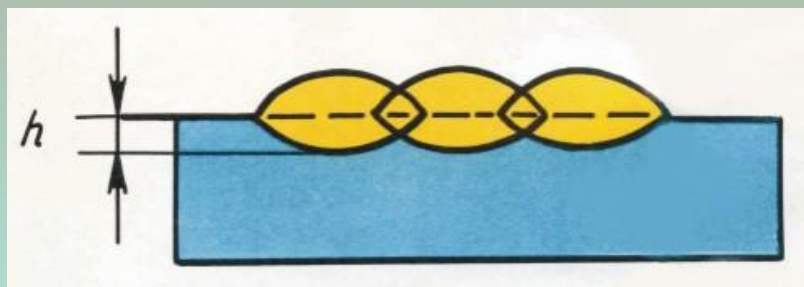


Схема наплавки валиков



Наплавка твёрдыми сплавами



m – шаг наплавки;
 E – ширина шва;
 h – глубина проплавления.

Схема наплавки большей площади

(цифрами указана последовательность заполнения валиков)

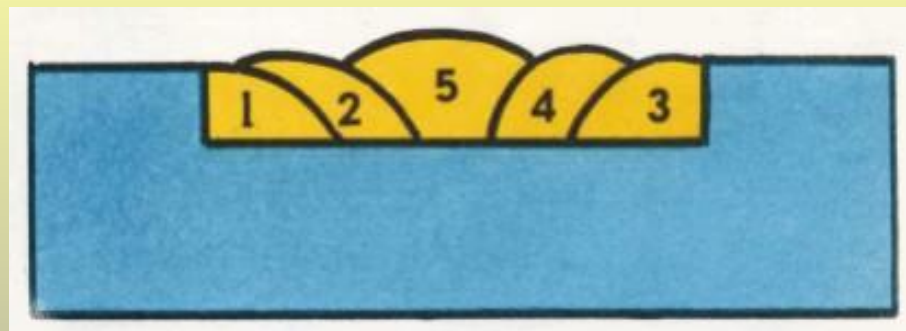
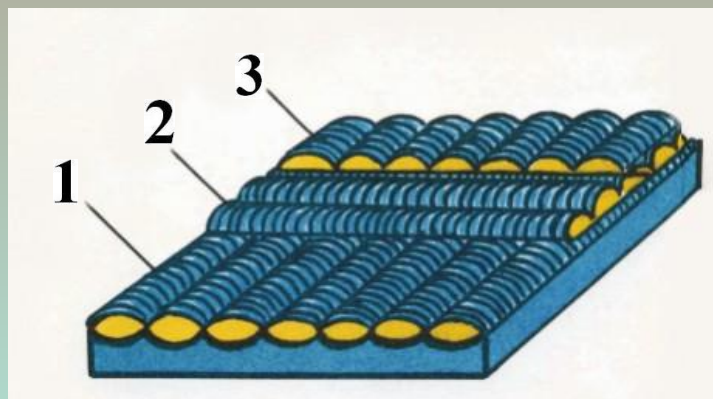


Схема наплавки валиков в несколько слоёв



1- первый слой

2- второй слой

3- третий слой

Сжатой дугой

(плазменной струёй) в аргоне
порошкообразных зернистых и
литых твёрдых сплавов

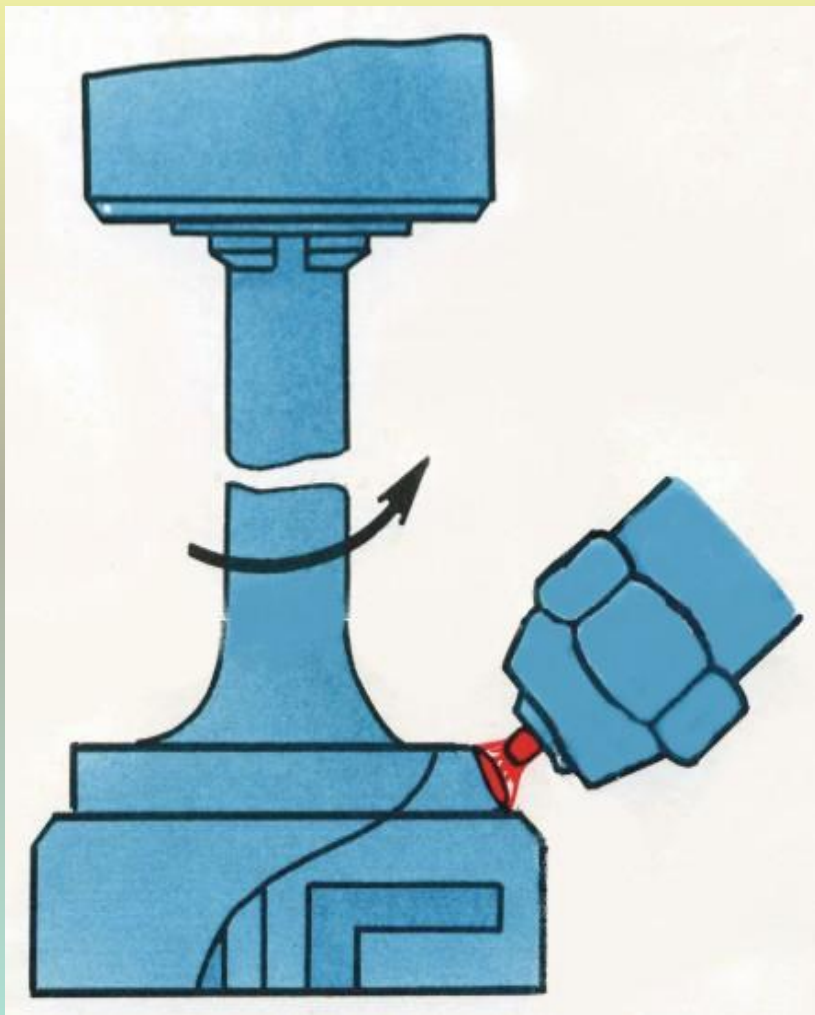
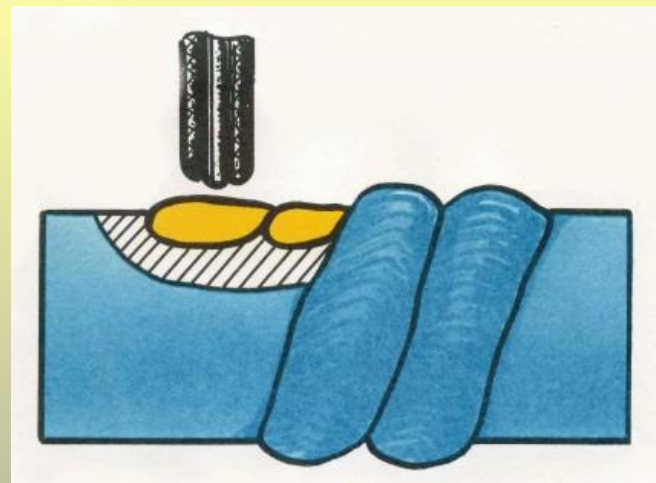
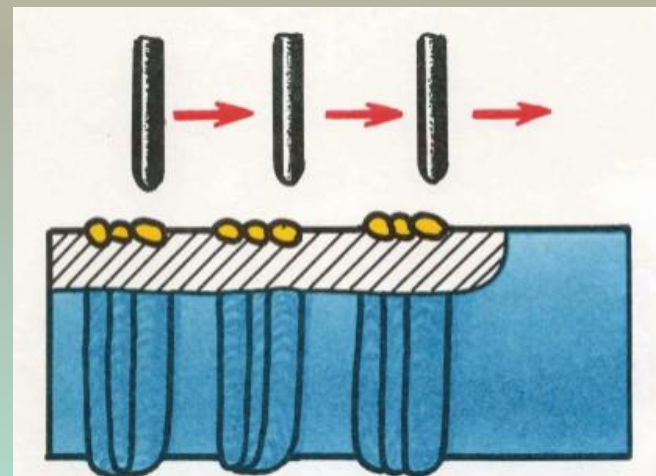


Схема наплавки цилиндрических поверхностей



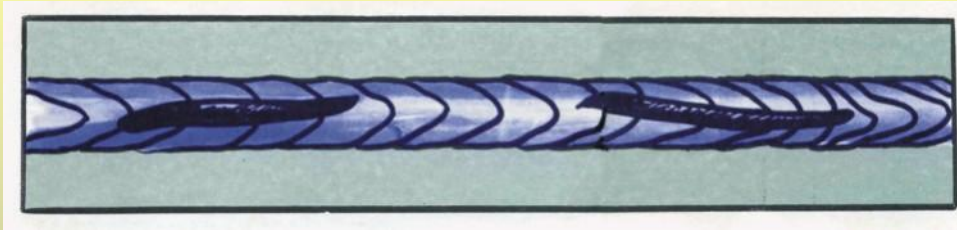
Гребёнкой покрытых электродов



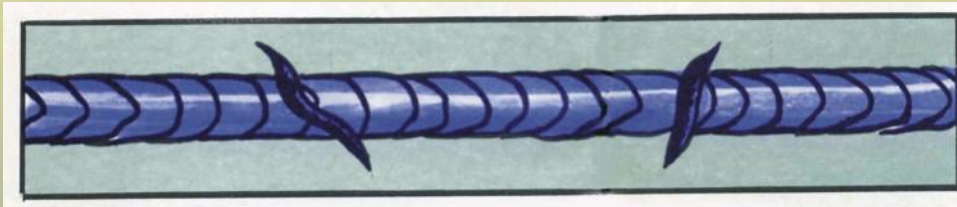
Многодуговая наплавка больших
деталей несколькими сварщиками

Дефекты сварных соединений

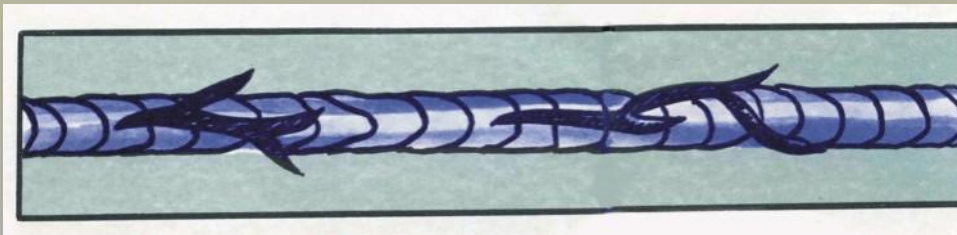
Внешние Трещины



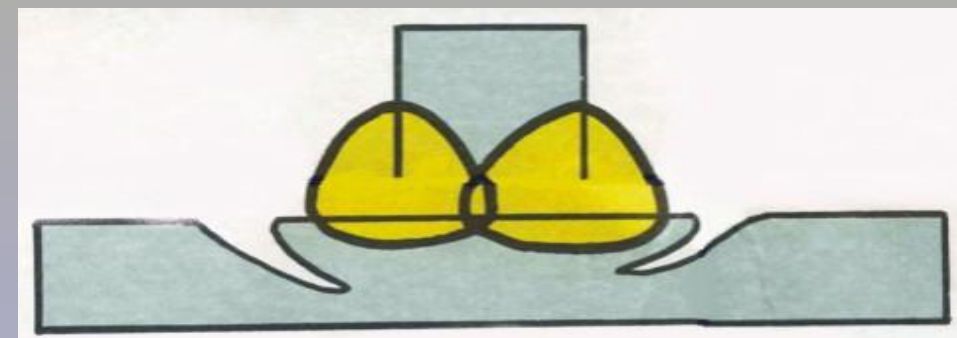
1. Продольные



2. Поперечные



3. Разветвление



4. В зоне термического
влияния

Внешние



1



2



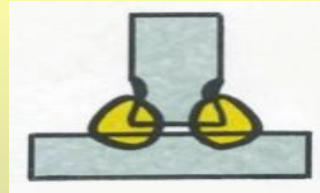
3



4



5



6



7



8



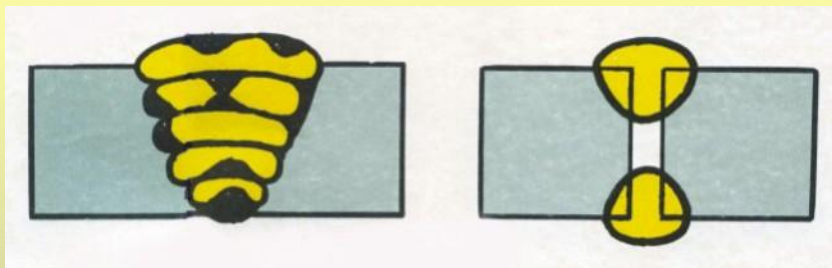
9



10

1. Дефекты формы и размеров шва
2. Поры
3. Цепочки пор
4. Усадочные раковины
5. Шлаковые включения
6. Подрезы
7. Свищ
8. Смещение кромок
9. Вогнутость шва
10. Наплывы

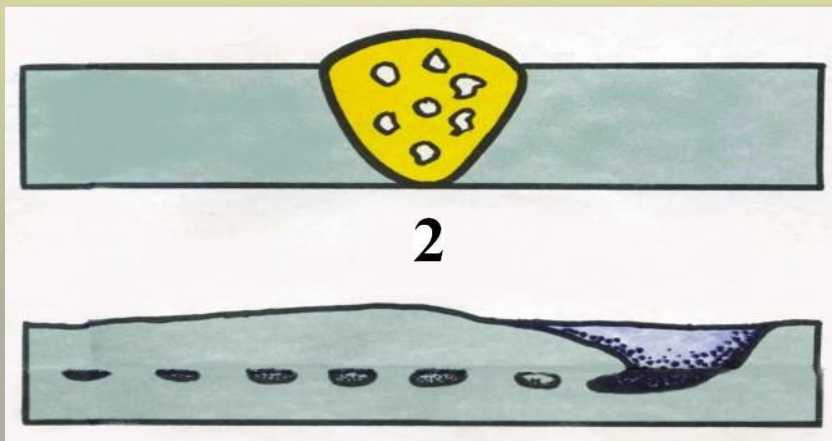
Внутренние



1



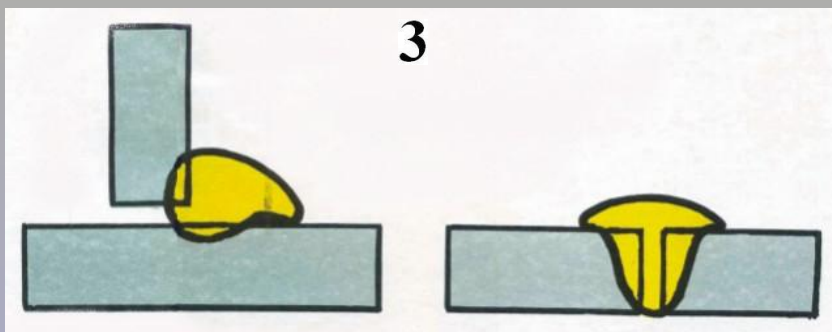
4



2



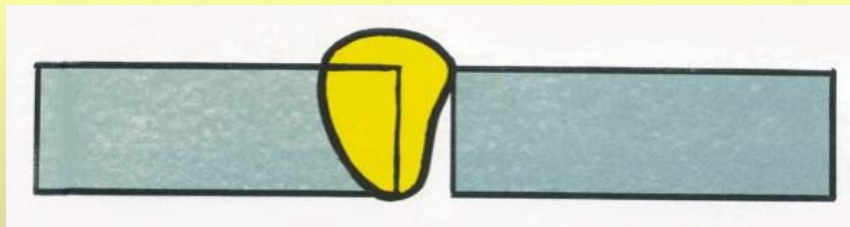
5



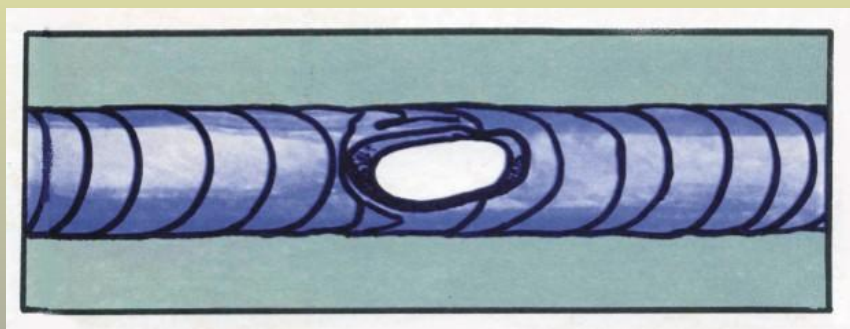
3

1. Непровары
2. Поры
3. Скрытые наплывы
4. Трещины
5. Шлаковые включения

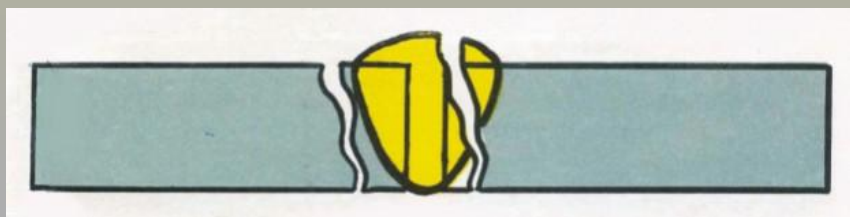
Сквозные



1. Местные несплавления кромок



2. Прожог



3. Трещины



4. Шлаковые включения

КОНТРОЛЬ

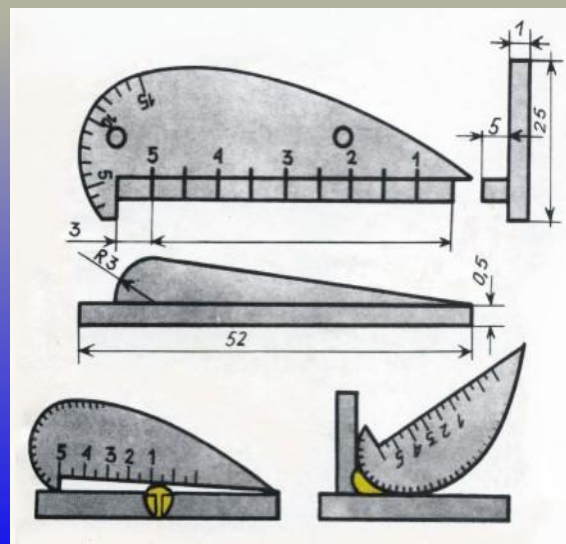
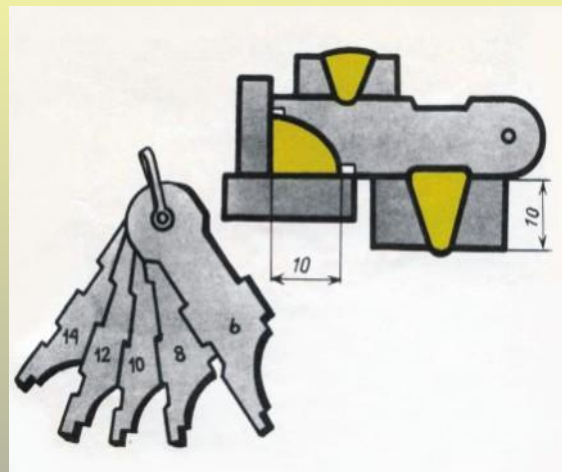
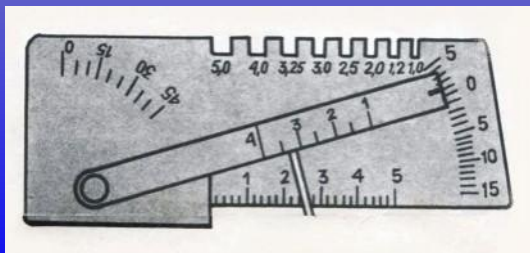
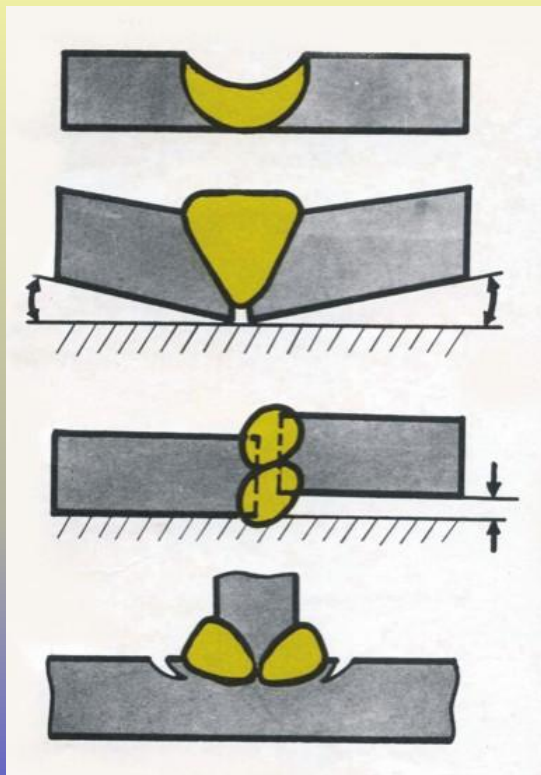
КАЧЕСТВА СВАРНЫХ

СОЕДИНЕНИЙ

Неразрушающие виды и методы контроля

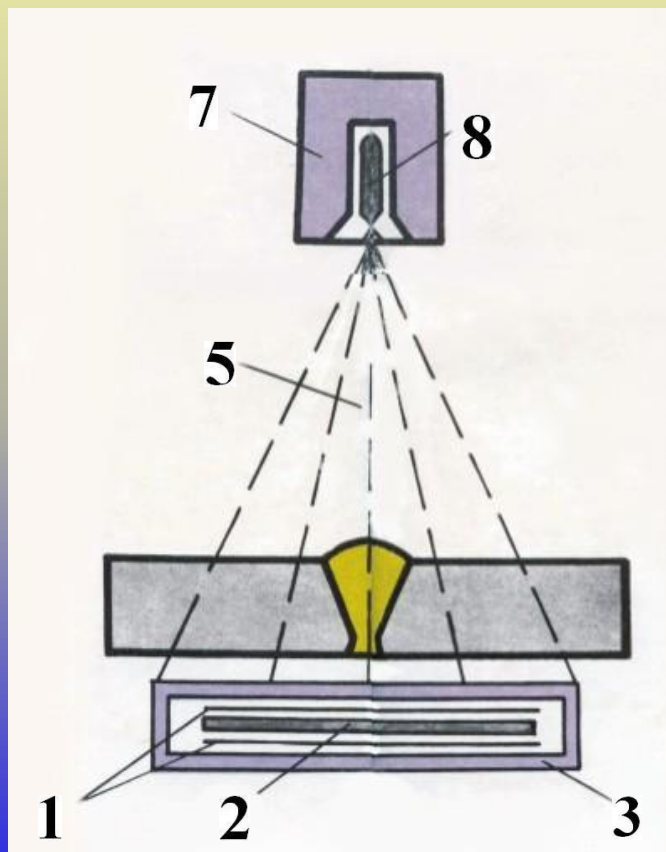
Технический осмотр

включает один метод – внешний осмотр измерение поверхностных и сквозных дефектов



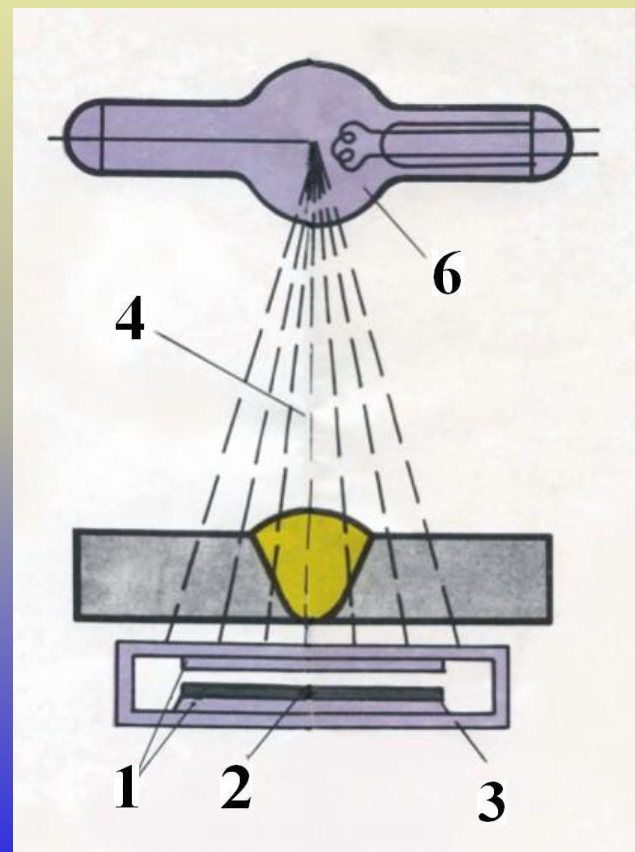
Неразрушающие виды и методы контроля

Радиационный



1. Фотоплёнка
2. Кассета
3. Экраны
4. Рентгеновские лучи
5. Гамма-лучи
6. Рентгеновская трубка
7. Свинцовый кожух
8. Ампула радиоактивного вещества

**Рентгеновскими
лучами
Гамма -лучами**



Неразрушающие виды и методы контроля

Магнитный

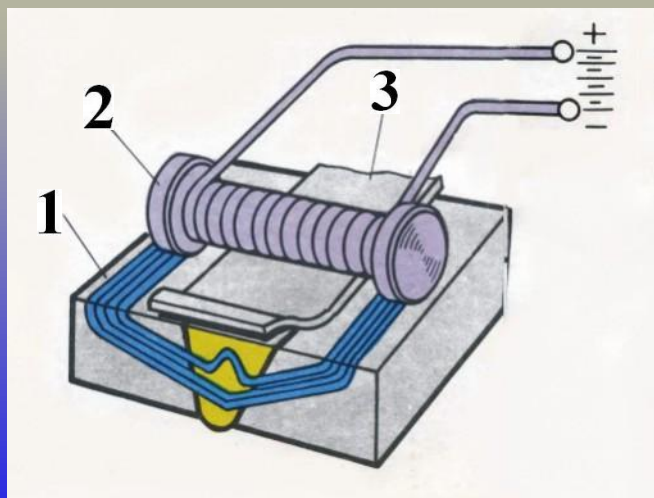
Схема распределения магнитного потока по сечению сварного шва



Без дефекта
С дефектом



Магнитопорошковый метод



Запись на ленту:

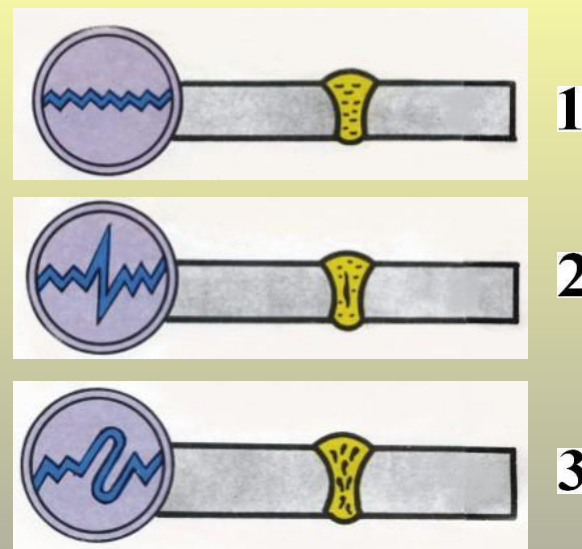
1. сварочное соединение (изделие);
2. электромагнит;
3. ферромагнитная лента.

Неразрушающие виды и методы контроля

Схема магнитографического метода

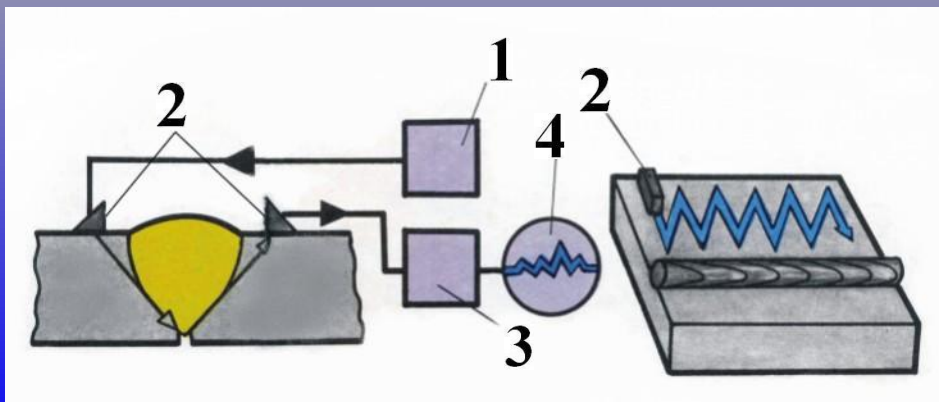
Характер импульсов на экране осциллографа

1. Сварной шов без дефектов
2. Трещины и непровары
3. Шлаковые включения и поры в шве



Акустический

Схема ультразвукового контроля стыкового шва

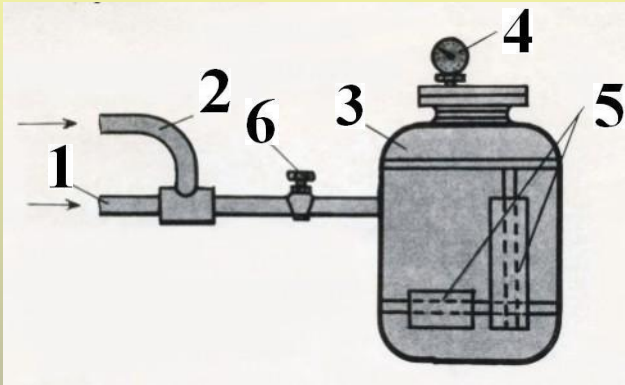


1. Генератор ультразвуковых импульсов
2. Пьезокристаллические щупы
3. Приёмный усилитель сигналов
4. Экран дефектоскопа

Неразрушающие виды и методы контроля

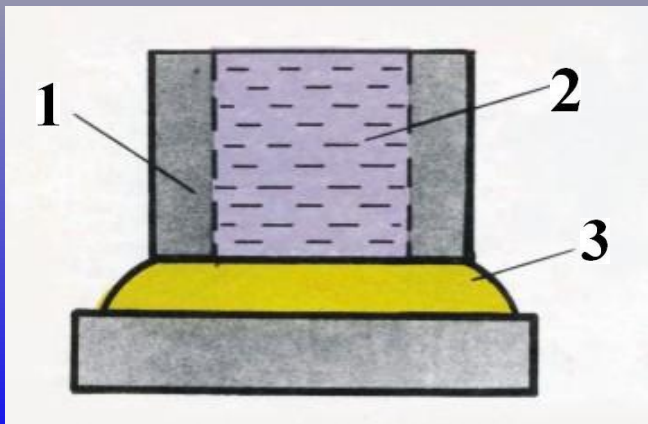
Течеискание

Схема манометрического метода



- 1- Сжатый воздух
- 2- Аммиак
- 3- Закрытая конструкция (сосуд)
- 4- Манометр
- 5- Бумага или бинт; пропитанный реактивом
- 6- Запорный кран (клапан)

Схема капиллярной проверки

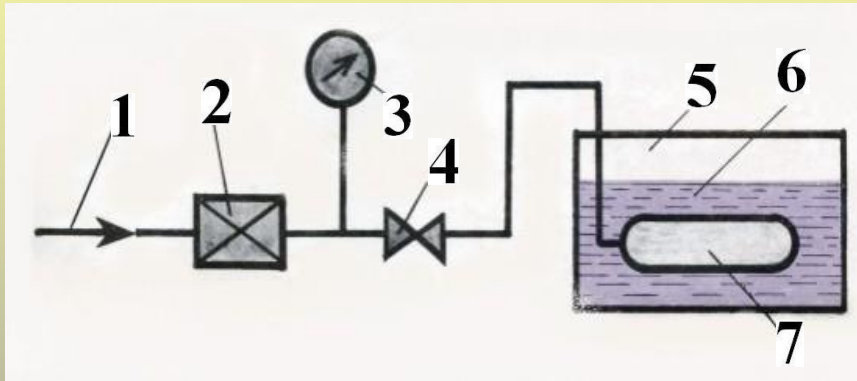


1. Открытая конструкция (бак)
2. Сухой меловой раствор
3. Керосин

Неразрушающие виды и методы контроля

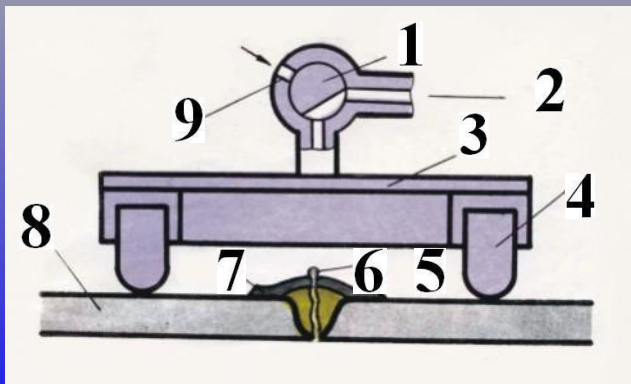
Течеискание

Схема пузырьковой проверки



1. Сжатый воздух (от сети)
2. Газовый редуктор
3. Манометр
4. Кран (клапан)
5. Бак с жидкостью
6. Жидкость
7. Закрытая конструкция

Схема вакуумной проверки

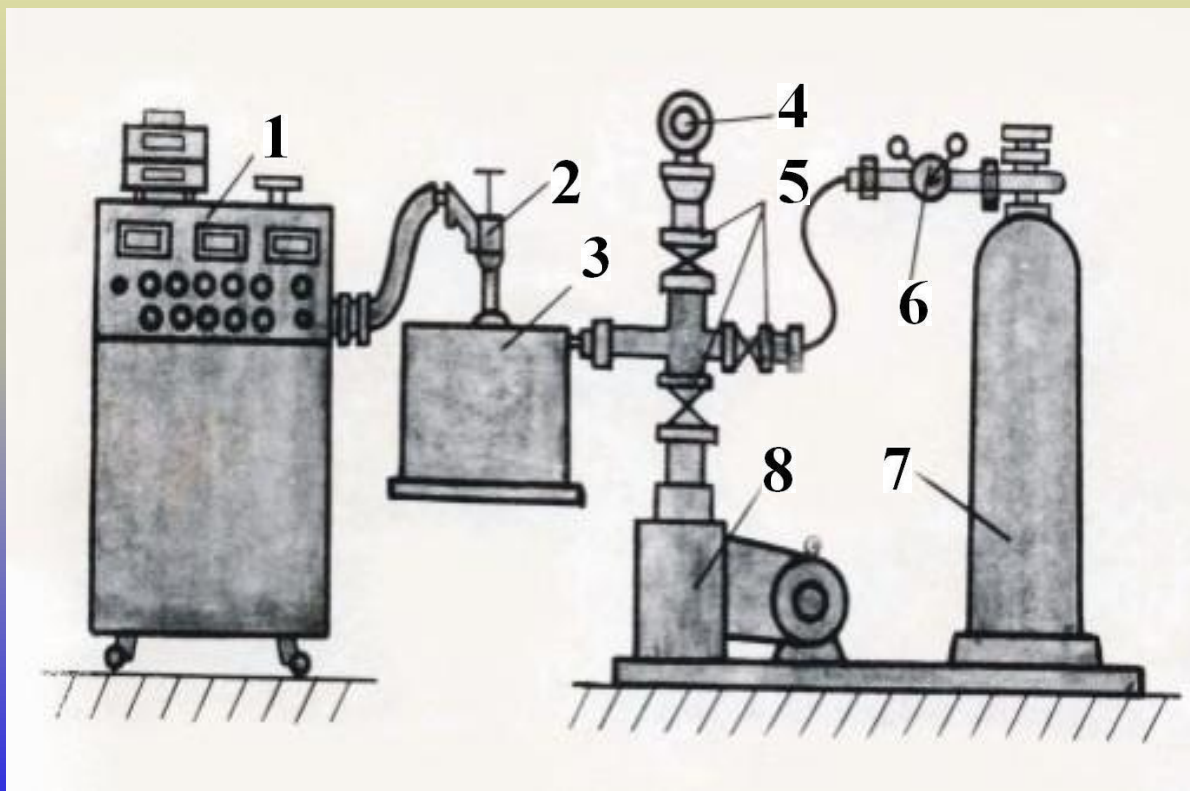


1. Трёхходовой кран
2. К вакуумному насосу
3. Органическое стекло
4. Губчатая резина
5. Вакуумная камера
6. Мыльный пузырь при обнаружении мест локальных течей
7. Мыльная плёнка
8. Открытая или закрытая конструкция
9. Давление атмосферы

Неразрушающие виды и методы контроля

Течеискание

Схема установки для контроля газоаналитическим методом с помощью гелиевого течеискателя

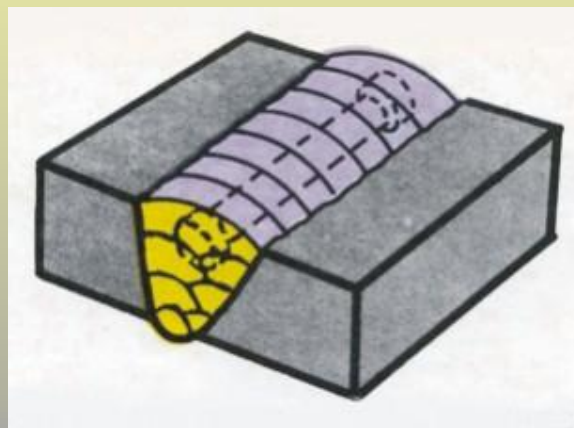


1. Гелиевый течеискатель
2. Шуп-улавливатель
3. Закрытая сварная конструкция
4. Вакуумметр
5. Клапаны краны
6. Газовый редуктор
7. Баллон с гелием
8. Вакуумный насос

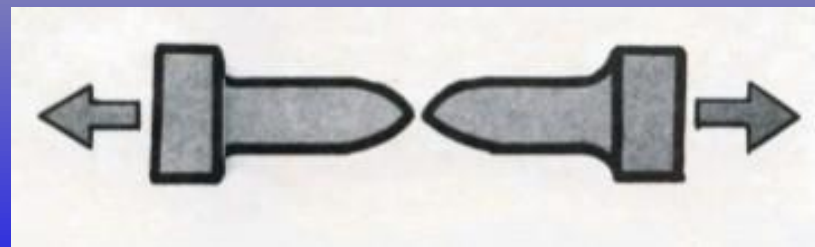
Разрушающие методы контроля

Схема механических испытаний сварных соединений

Схема вырезки плоских образцов

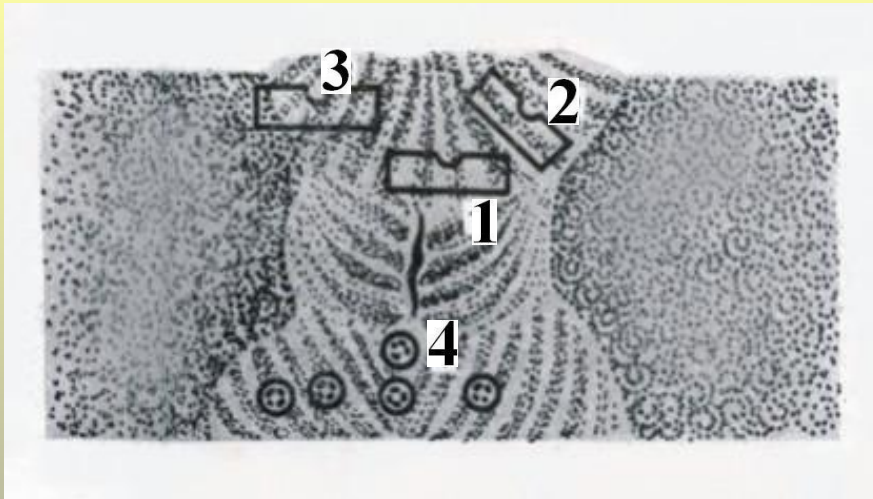


Круглые образцы до и после испытаний



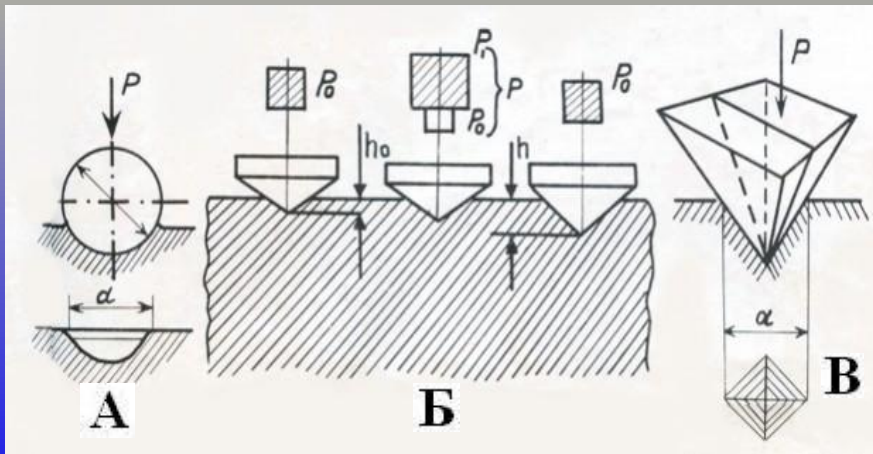
Разрушающие методы контроля

Выбор расположения образцов для определения механических свойств по макрошлифу сварного соединения



1. На ударную вязкость вдоль кристаллитов
2. Поперёк кристаллитов
3. На участке перегрева зоны термического влияния
4. Круглые образцы для определения прочности швов при растяжении

Схема измерения твердости



- А. по бринеллю – вдавливанием стального шарика
- Б. пороквеллю – вдавливанием алмазного конуса
- В. По виккерсу – вдавливанием алмазной пирамиды

Разрушающие методы контроля

Замер твёрдости в сварных соединениях

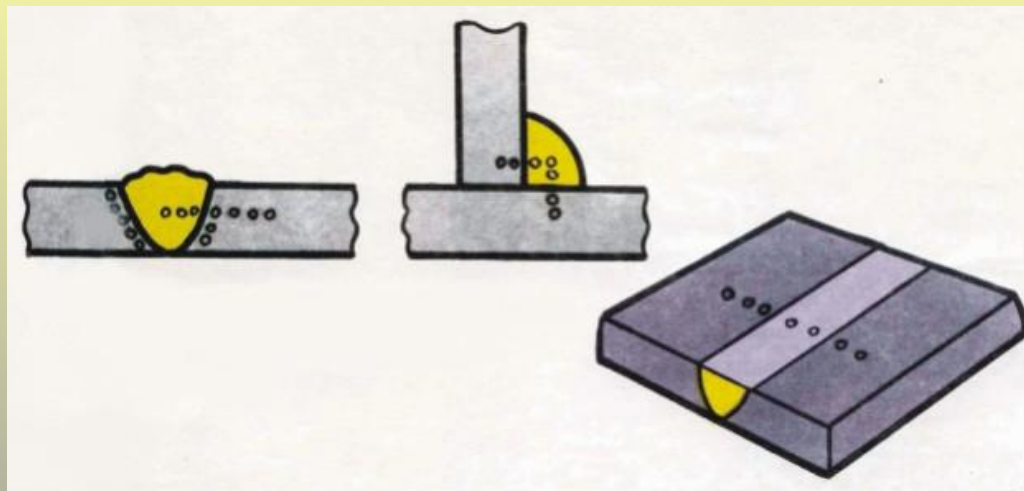


Схема испытаний готовых образцов с помощью коррозии

