

Дополнительное образование

Профессия

Сварщик(электросварочные и газосварочные работы)

Электрогазосварщик

Столяр Светлана Николаевна

- Ф.И.О.
- Телефон (номер)
- Год рождения*(день, месяц, год)
- Адрес (прописка)
- Где обучаетесь(образовательное учреждение, группа)
- Где работаете
- Образование
- Какой имеете рабочий разряд

Структура курса



Этапы развития процессов сварки металлов

прим. 3 200 г. до Р. Х. Пайка (украшения шумеров)

прим. 1 500 г. до Р. Х. Находки деталей
Кузнечная сварка плавлением или горновая сварка
Дуговая сварка угольным электродом
Контактная точечная сварка

1890 Электродуговая сварка вольфрамовым электродом
Сварка плавящимся электродом

1900 Растворение ацетилена в ацетоне
Газосварочная горелка

1910 Стержневые электроды с покрытием
Источники сварочного тока

1920 Машины для кислородной резки

1930 Сварка под флюсом
Сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа

1940 Сварка плавящимся электродом в среде инертного газа (WIG в USA)
Холодная сварка давлением

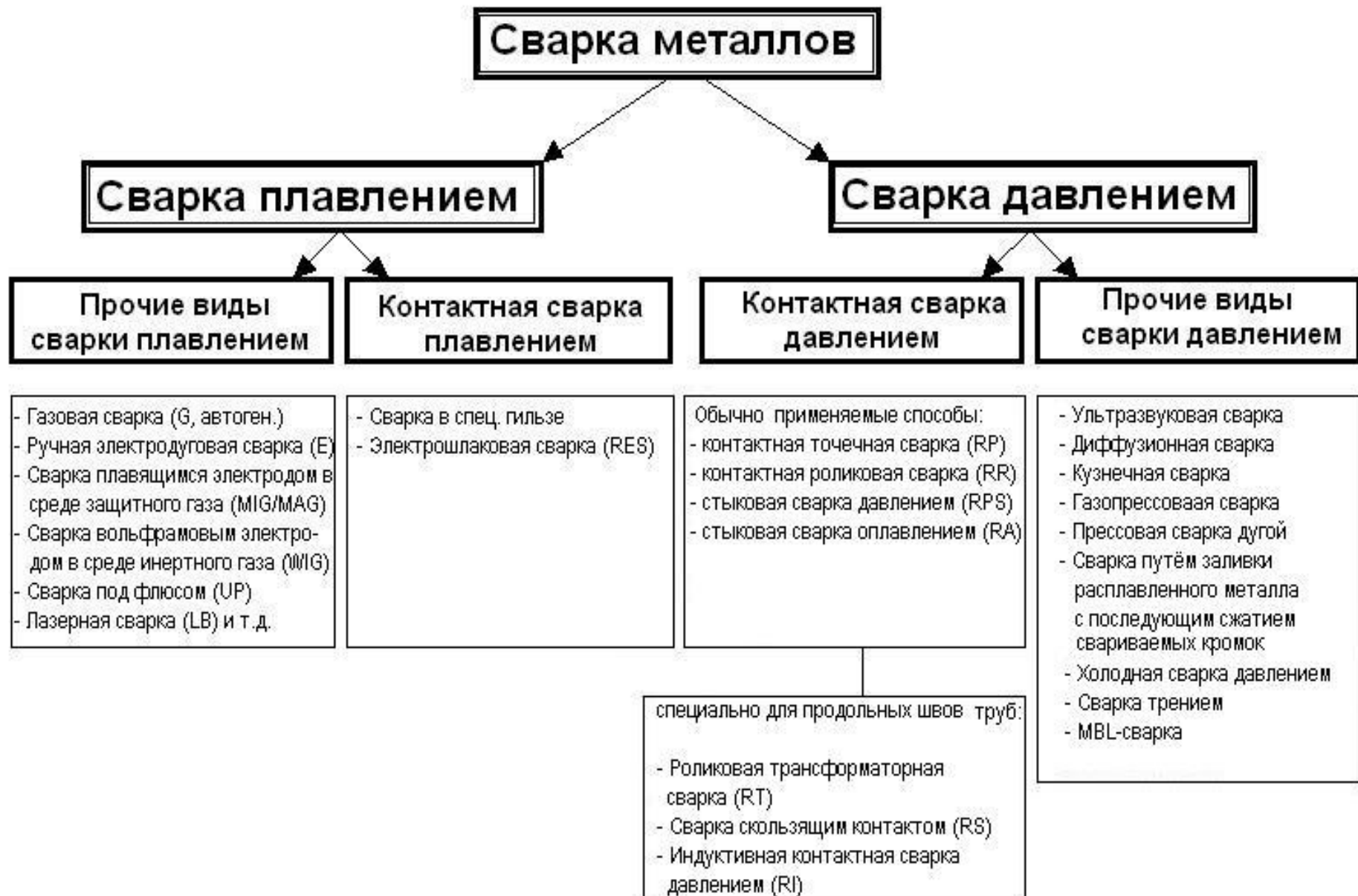
1950 Сварка трением
Ультразвуковая сварка
Сварка плавящимся электродом в среде активного газа при CO₂
Порошковая (сварочная) проволока
Плазменная резка

1960 Электронно-лучевая сварка
Диффузионная сварка
Плазменная сварка

1970 Лазерная сварка

дение в

Сварочные процессы



Классификация по уровню механизации

Наименование Условное обозначение	Примеры Сварка в среде защитного газа	Процессы перемещения/ рабочие процессы		
		Ведение горелки/ детали	Дополнительная подача	Манипулирование деталью
Сварка вручную (ручная сварка) m	 m-WIG	вручную	вручную	вручную
Частично механизированная сварка t	 t-MSG	вручную	механич.	вручную
Полностью механизированная сварка v	 v-MSG	механич.	механич.	вручную
Автоматическая сварка a	 a-MSG	механич.	механич.	механич.

Обзор для выбора сварочных процессов



История развития сварки в России

- Электродуговая сварка – русское изобретение.
- В 1802 году Владимир Васильевич Петров, открыл явление **электрической дуги** предложил её использования для расплавления металла.
- Используя это открытие, в 1882 году Николай Николаевич Бенардос впервые осуществил электродуговую сварку металлов **угольным** электродом
- В 1888 году Славянов Николай Гаврилович произвел сварку **металлическим** покрытым электродом.

В России развитие сварки можно разделить на несколько этапов.

- **Первый** – с 1924 по 1935 г. В этот период сварка осуществлялась электродами с тонким меловым покрытием.
- **Второй** – с 1935 по 1940 г. В это время происходит внедрение сварки электродами с толстым покрытием, которые значительно улучшили качество сварного шва.
- **Третий этап** с 1941 по 1969 г. – характеризуется широким внедрением новых механизированных способов сварки сталей, цветных металлов и сплавов.
- С 1969 года осваивается космическая сварка.

- **Классификация дуговой сварки по технологическим признакам**

- В соответствии с ГОСТ 19521-74ГОСТ 19521-74 "Сварка металлов. Классификация", дуговая сварка классифицируются:

- по виду электрода;
- по виду дуги;
- по характеру воздействия дуги на основной металл;
- по роду сварочного тока;
- по наличию и направлению колебаний электрода относительно оси шва;
- по полярности сварочного тока;
- по количеству дуг с отдельным питанием тока;
- по количеству электродов с общим подводом сварочного тока;
- по наличию внешнего воздействия на формирование шва.

- **Сваркой** называется процесс получения неразъемного соединения деталей местным сплавлением или пластической деформацией.

Наплавка — это разновидность сварки, заключающаяся в том, что на поверхность детали наносят слой металла, предназначенный для восстановления размеров изношенной детали или для повышения её износостойкости.

- Расплавление металла происходит за счет энергии дуги при электродуговой сварке и электрического тока, проходящего через расплавленный флюс при электрошлаковой сварке, бомбардировки в вакууме свариваемых поверхностей электронами, энергии от горения газов при газовой сварке, энергии от горения порошковой смеси при термитной сварке и расплавлением кромок деталей перегретым расплавленным присадочным металлом при литейной сварке.



Стыковая,
без подготовки
кромки,
 $h < 13$ мм



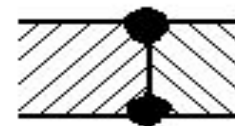
V-образная
разделка кромок,
 $h = 13 \dots 15$ мм



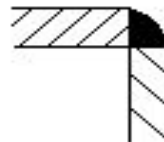
X-образная
разделка кромок,
 $h > 15$ мм



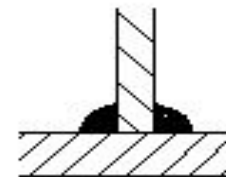
Чашеобразная разделка
кромки, $h > 20$ мм



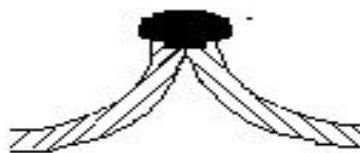
Сварка в
нахлестку



Угловое
соединение



Тавровое
соединение



Сварка с
отбортовкой



Вертикальный
шов



Потолочный
шов



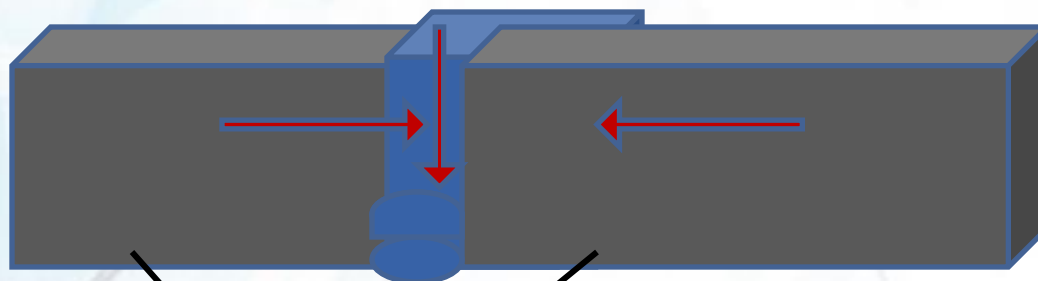
Горизонтальный шов

Сварные соединения

Сварное соединение

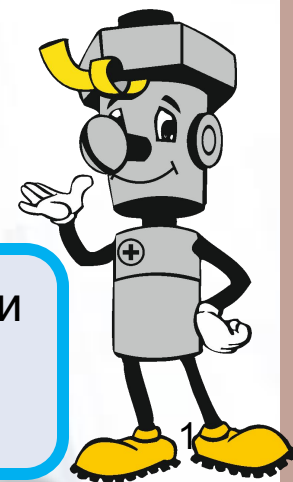
Стыковые

Части свариваемых изделий соединяют торцами или кромками



Стальные пластины

Такие соединения отличаются высокой прочностью и меньше подвержены сварочным напряжениям и деформациям

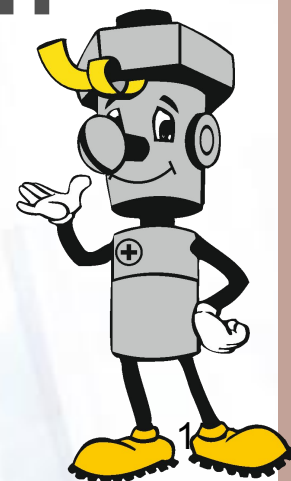
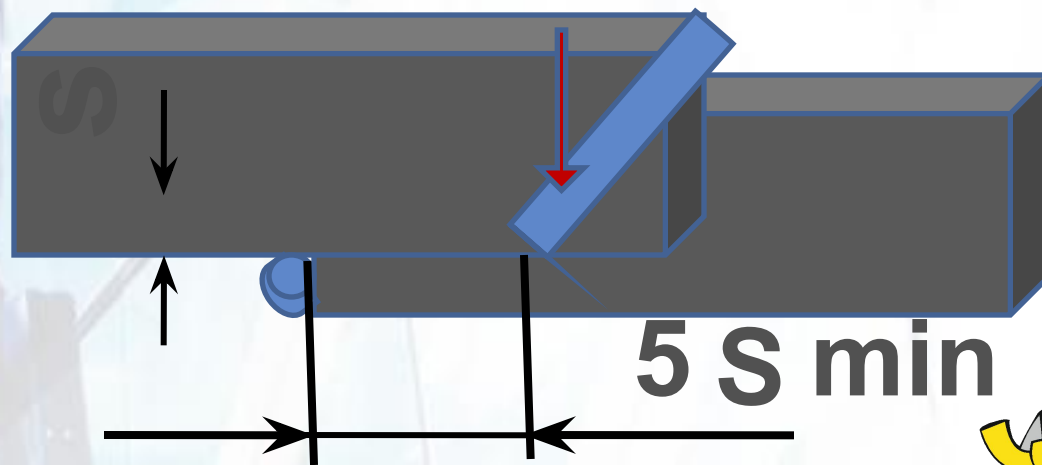


Сварные соединения

Нахлесточные

Не требуется
обработка
краюк
под сварку.
Швы
накладывают
с обеих сторон
нахлестки.

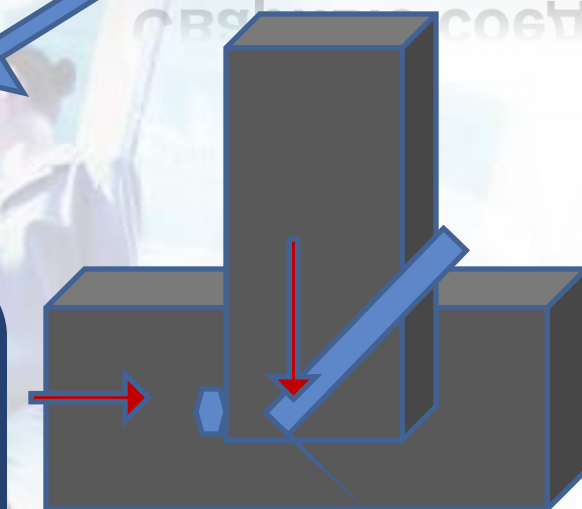
Таким способом сваривают элементы
толщиной не более 8 мм.



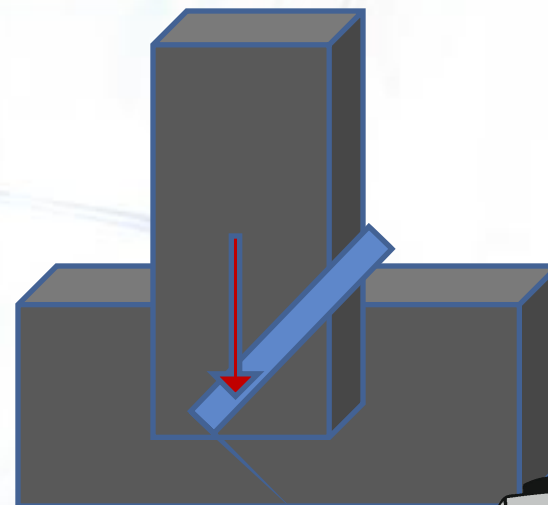
Сварные соединения

Тавровые

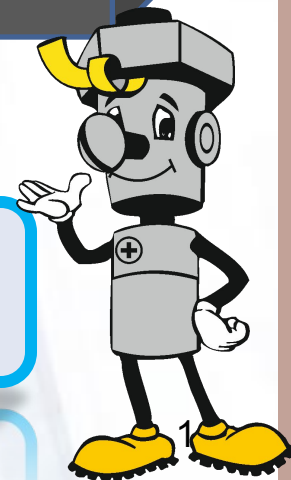
Торец кромки
можно не
скашивать;



Сварное соединение



Для получения хорошего шва оставляют зазор
между листами 2...3 мм.



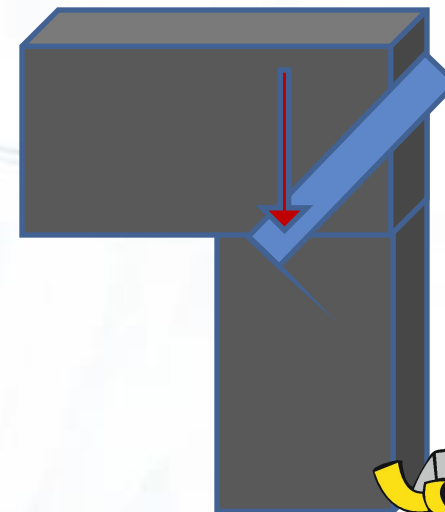
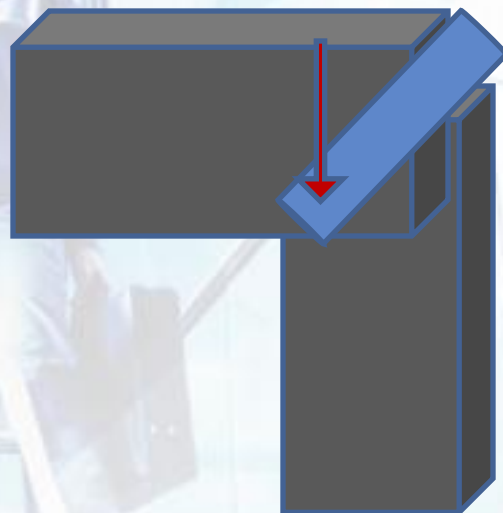
Сварные соединения

Угловые

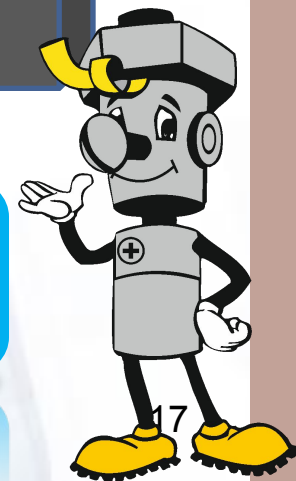
Торец кромки
можно не
скашивать;

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварное соединение



Для получения хорошего шва оставляют зазор
между листами 2...3 мм.



Сварные швы



По положению относительно действующего усилия швы разделяются:

Фланговые

Лобовые

Косые

Расположенные параллельно действующему усилию

Расположенные перпендикулярно действующему усилию

Расположенные под углом действующему усилию

ЛСНУНО
УЕНСТВЛЮПТЕМЛ

ЛСНУНО
УЕНСТВЛЮПТЕМЛ

ЛСНУНО
УЕНСТВЛЮПТЕМЛ

Сварные швы

По положению в пространстве швы разделяются:

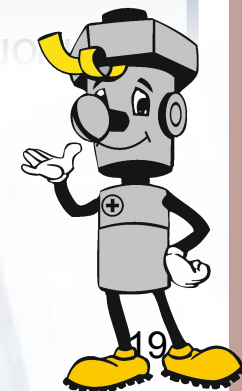
Нижние

Вертикальные

Горизонтальные

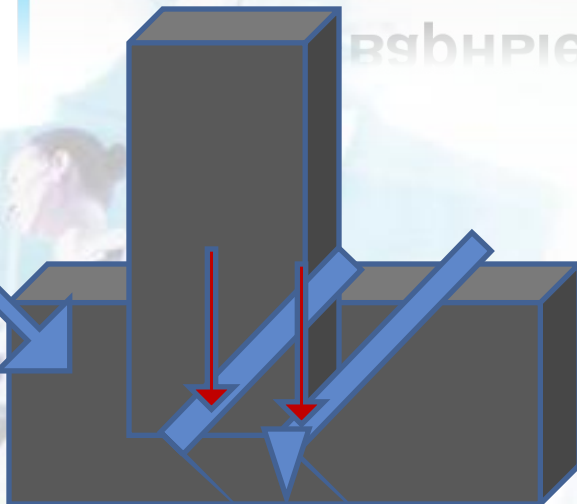
Потолочные

По протяжённости сварные швы бывают непрерывными (сплошными) и прерывистыми.

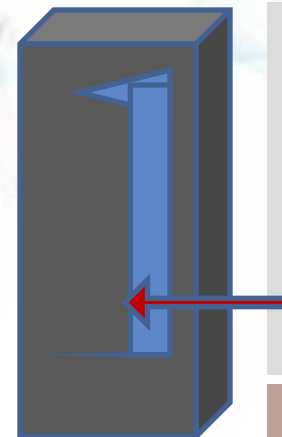


Сварные швы

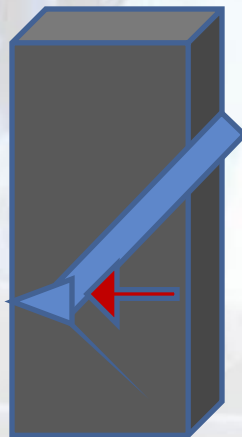
Нижние



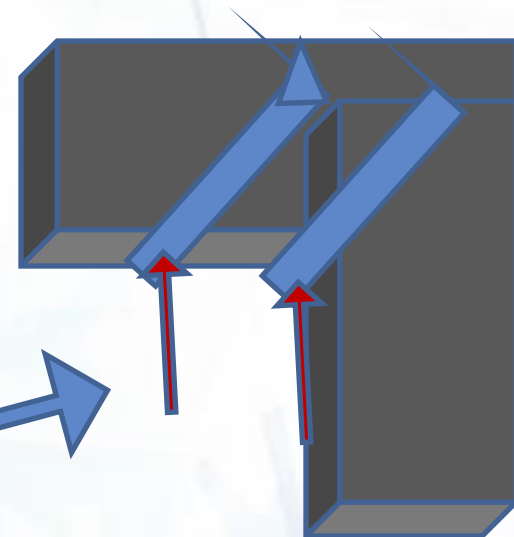
Вертикальные



Горизонтальные

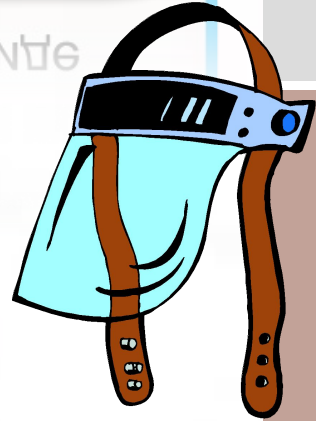


Потолочные

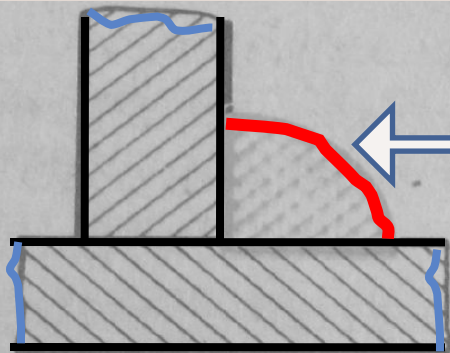
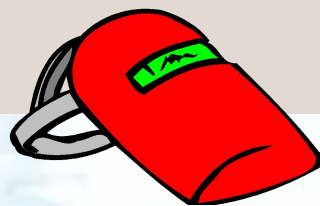


Рабочая толщина шва при стыковом соединении равна толщине более тонкого стыкуемого элемента, при этом с обеих сторон должны быть усиление шва в виде наплывов плавного очертания.

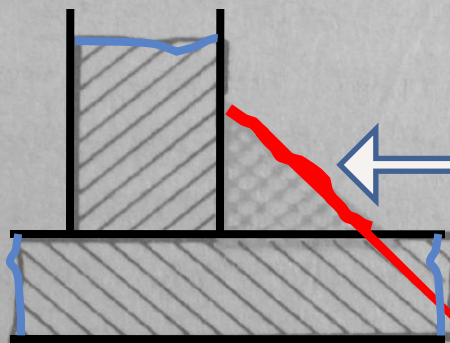
Толщина углового (валикового) шва, накладываемого в прямой угол, образованный соединяемыми элементами, измеряется по биссектрисе угла и принимается равной 0,7 меньшего катета.



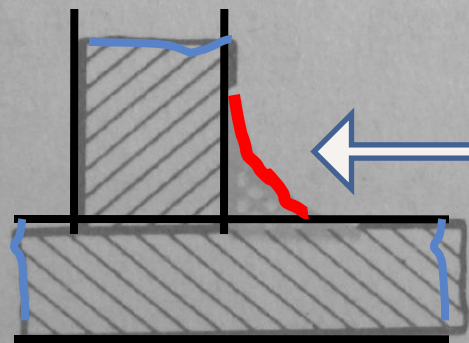
При этом высота валикового шва должна превышать на 1...2 мм расчётную(проектную) или быть равна ей. Минусовой допуск здесь не предусматривается нормами.



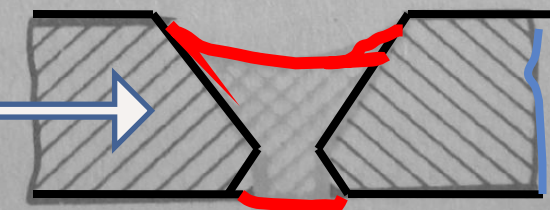
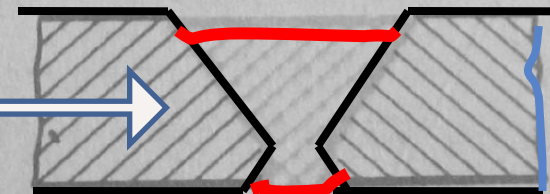
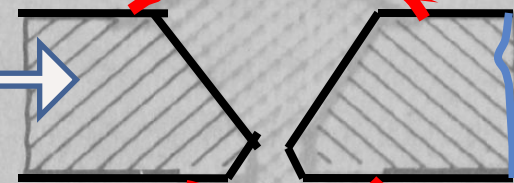
а) – выпуклые или усиленные



б) – нормальные



в) – вогнутые или ослабленные



Подготовка стыков

Зачищают

Проверяют
точность
сборки

Проверяют
обработку
кромки
стыкуемых
элементов

Соответствие
зазоров
нормативным



Увеличенные зазоры приводят к увеличению усадки шва за счёт излишнего объёма наплавленного металла.



Монтажные соединения собирают на болтах или с помощью прихваток.

Число, размер и длину прихваток в сварных соединениях, воспринимающих монтажные нагрузки, указывают в рабочих чертежах. В прочих соединениях общая длина прихваток должна составлять не менее 10% длины монтажного шва и быть не менее 50 мм.

Наложение шва поверх прихваток допускается только после их зачистки.

Подготовка деталей к сварке

Перед сваркой кромки соединяемых деталей готовят в соответствии с видом соединения, толщиной металла и видом сварочного шва. Для этого подрезают кромки под нужным углом, стягивают детали, оставляя между ними зазор не более допустимого, выравнивают кромки деталей.

Подготовка деталей к сварке

Места наложения швов и прилегающие к ним поверхности, а также места примыкания зачищают и удаляют ржавчину, жиры, краску, грязь, влагу

Комплект инструмента сварщика

Металлическая щётка, зубила, слесарный молоток, клеймо, набор шаблонов для размеров шва.



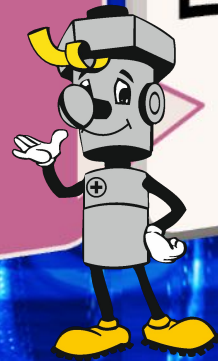
Сварка

Сварка

Процесс получения неразъёмных соединений путём сплавления при разогреве до жидкого состояния металла свариваемых деталей с металлом электрода.

Дуговая варка

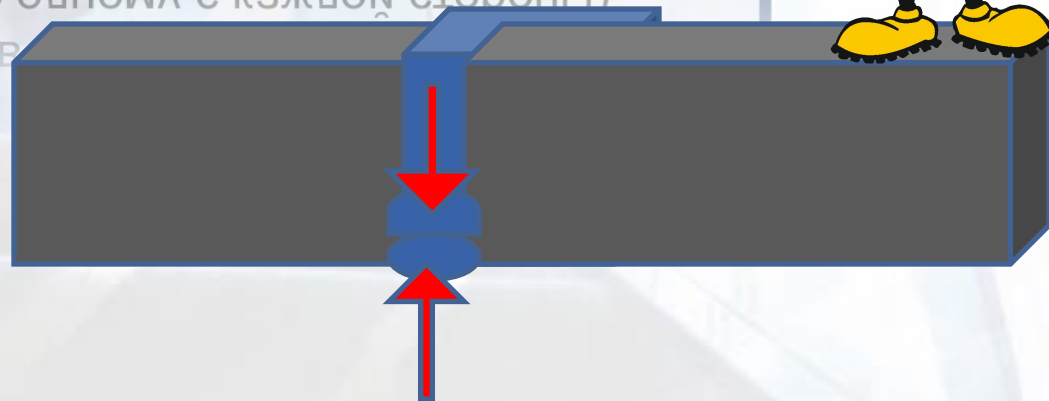
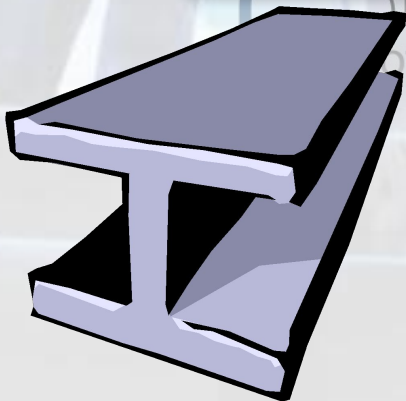
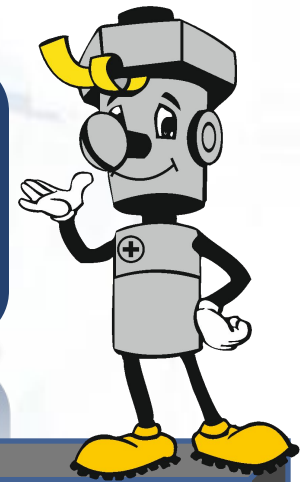
Сварка плавлением при которой нагрев и расплавление металла электрода и кромок изделия осуществляется электрической дугой, возбуждаемой между электродом и свариваемыми деталями.



Сварка

Технология выполнения сварных швов зависит от вида шва, толщины свариваемого металла и вида свариваемой конструкции.

Сварку деталей тонкими швами, например стыковое соединение без скоса кромок, выполняют в один в два прохода сварочной дуги (по одному с каждой стороны).



Сварку выполняют сварочными электродами из стальной проволоки диаметром 2-8 мм. с защитным покрытием.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и вида накладываемого шва

Электроды хранят в сухом месте.
Для закрепления электрода и сварочного провода служит электродержатель.

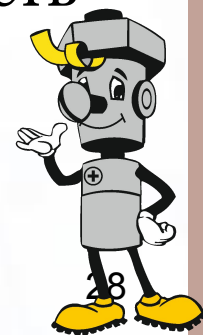


Для сварочных работ применяют источники питания, преобразующие ток до напряжения 55...65В.

Используются сварочные трансформаторы, понижающие напряжение и регуляторы тока

Сварочные трансформаторы бывают как с отдельными, так и со встроенными в них регуляторами сварочного тока.

При сварке деталей и конструкций, изготовленных из толстолистовой стали с У-образной или Х-образной разделкой кромок, применяют многослойное наложение шва в несколько проходов. За первый проход электродами диаметром 3...4 мм проваривают корень шва, затем зубилом вырубает корень шва с противоположной стороны. Корень шва может быть и выплавлен с помощью резака, после чего шов проваривают с противоположной стороны. Последующие слои шва направляют более толстыми электродами диаметром 5...6 мм. При этом стремятся, чтобы слоев было по возможности меньше. Перед наложением каждого последующего слоя поверхность ранее наплавленных валиков очищают от шлака молотком и металлической щеткой.



В процессе сварки происходит местный неравномерный нагрев свариваемого изделия до очень высокой температуры, в зоне разогрева металл расширяется вызывая внутренние напряжения в свариваемых деталях и деформации изделия.

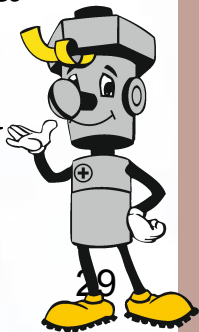
Установлено, что чем короче швы, тем деформации меньше. Снижению деформаций способствует также правильная очередность наложения швов.

Поэтому, например, при стыковой сварке листов следует применять обратно-ступенчатый способ наложения швов.

В этом случае шов делят на ступени длиной по 200 мм, завариваемые последовательно от конца шва или его середины.

Чтобы снизить влияние сварочных напряжений на прочность конструкций, в стыке двутавровой колонны с опорной плитой вначале сваривают стенку колонны с плитой с одной стороны, а затем с другой.

Полки с плитой сначала сваривают с внутренней стороны на диагонально противоположных частях колонны, а затем последовательно с наружной стороны.



Швы в узлах примыкания ригелей к колоннам накладывают поочередно в диагонально противоположных секторах соединения. При длине шва до 300 мм сварку ведут в одном направлении, а при длине до 1000 мм — от середины к краям в двух направлениях. Каждый стык сваривают до полного окончания без перерыва. Сварочный ток для электродов данной марки и диаметра указывают на заводской этикетке, наклеенной на пачке электродов. Если этикетки нет, то величину тока определяют путем пробной наплавки валика сварного шва в том же положении, в каком предстоит производить сварку. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла, числа слоев шва и положения его в пространстве.

При сварке в вертикальном и сварочный ток уменьшают на для сварки в нижнем положении. Чтобы избежать прожогов, св также при сварке тонкого метал слоёв шва ток повышают.

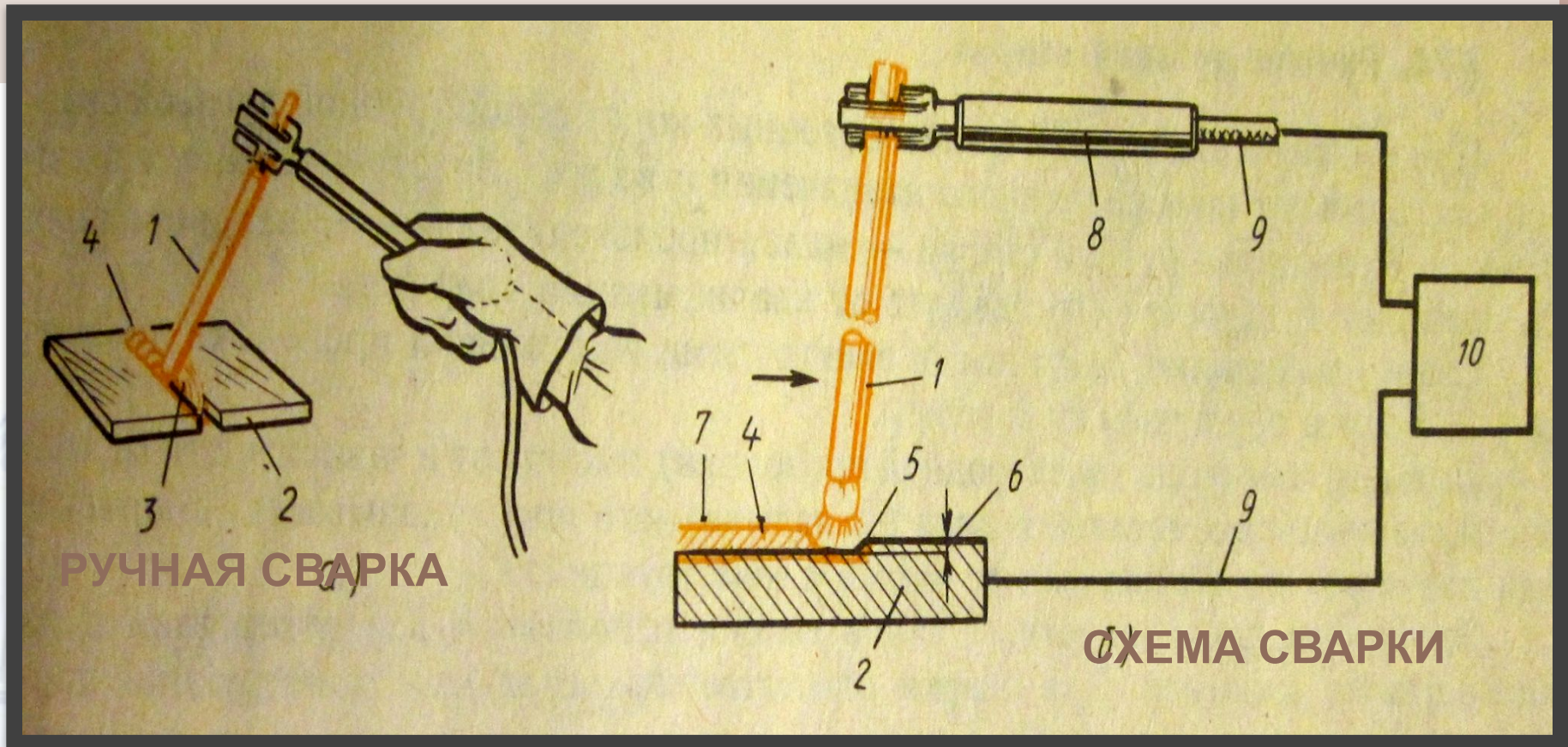


Во время работы сварщик



- Передвигает электрод вдоль и поперёк шва. Движение вдоль шва необходимо для заполнения наплавленным металлом всего шва. Поперечное движение электрода обеспечивает получение шва нужной ширины и расплавление свариваемых кромок. Для наплавки узкого валика электрод передвигают только вдоль шва без поперечных колебаний.
- Ширина шва при этом на 1...2мм больше диаметра электрода. Электрод перемещают вдоль шва равномерно с определённой скоростью, соответствующей величине, тока, диаметру электрода и виду сварного шва.

ДУГОВАЯ СВАРКА



- 1- ЭЛЕКТРОД
- 2- ИЗДЕЛИЕ
- 3- СВАРОЧНАЯ ВАННА
- 4- НАПЛАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ (СВАРОЧНЫЙ ШОВ)

- 5- КРАТЕР
- 6- ГЛУБИНА ПРОВАРА
- 7- ШЛАК
- 8- ЭЛЕКТРОДЕРЖАТЕЛЬ
- 9- ТОКОПОДВОДЯЩИЙ ПРОВОД
- 10- ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

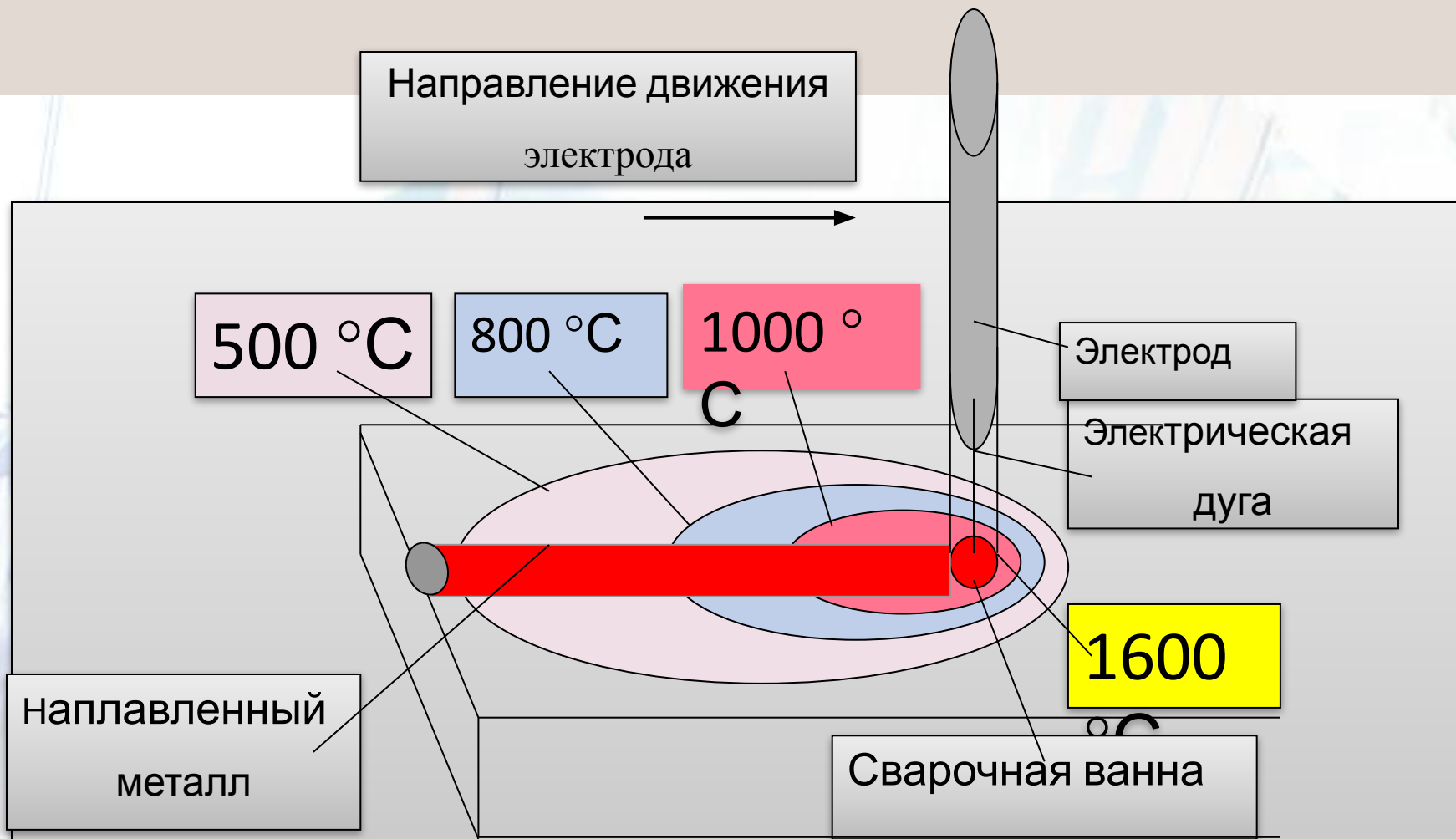


Рис. . Схема изотерм при сварке.

- **изотермы** — овалыные кривые, сгущающиеся впереди движущегося при сварке источника тепла (электрической дуги, пламени горелки,...) .

Изотерма 1600 °C это температура плавления стали, она определяет ориентировочный размер сварочной ванны.

Изотерма 1000 °C указывает на зону перегрева металла,

изотерма 800 °C показывает зону закалочных явлений,

500°C- зону отпуска.

⊙ Из-за особенностей, в сварной ванне могут быть следующие дефекты при сварке:

- ⊙ - **малый объем** и кратковременность существования ванны приводят к тому, что плохо перемешивается металл, возможны поры (не успевают выделиться газы) и шлаковые включения в сварном шве;
- ⊙ - **значительная поверхность контакта** расплавленного металла с атмосферой приводит к выгоранию «полезных» кремния и магния и к образованию окислов железа (наличие кислорода в стали приводит к снижению её прочности , пластичности и коррозионной стойкости и сообщает стали красноломкость) и к насыщению сварного шва азотом (увеличивается хрупкость).

© **Сварной шов** образуется за счет расплавления металла электрода и частично основного металла (рис). В зоне сплавления кристаллизуются зерна, принадлежащие как основному, так и присадочному металлу. В зоне термического влияния из-за быстрого нагрева и охлаждения металла происходят структурные изменения металла.

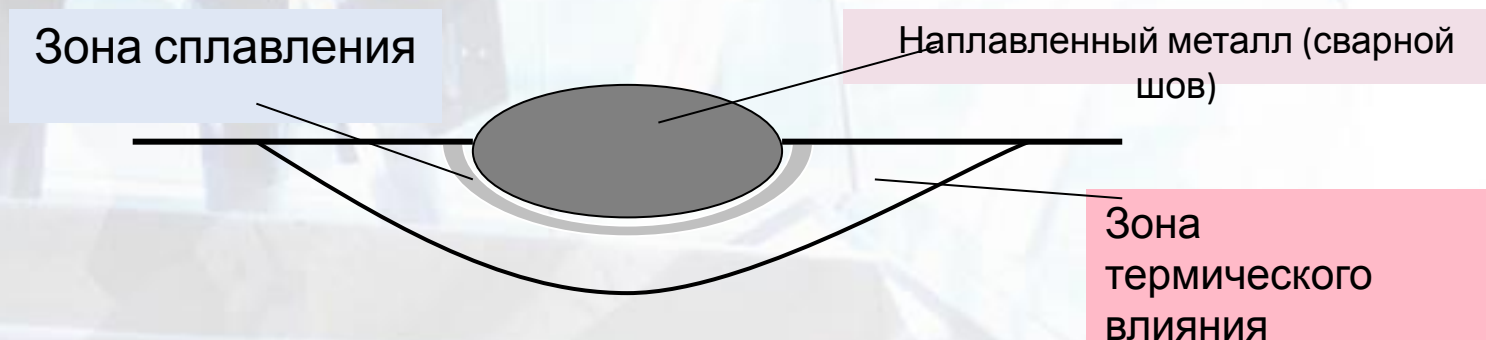


Рис. . Зоны сварного шва.

- Свойства сварного соединения во многом определяются *особенностями* сварочной ванны и характером *тепловых воздействий* на металл в околошовных зонах. Следовательно, может быть прочный, пластичный сварной шов, но из-за термических воздействий на деталь качество сварки в целом будет низкое

Выгорание

Mn, Si, C

Плохое перемешивание
металлов детали и
наплавляемого

Поры, шлаковые
включения,
трещины, нитриды

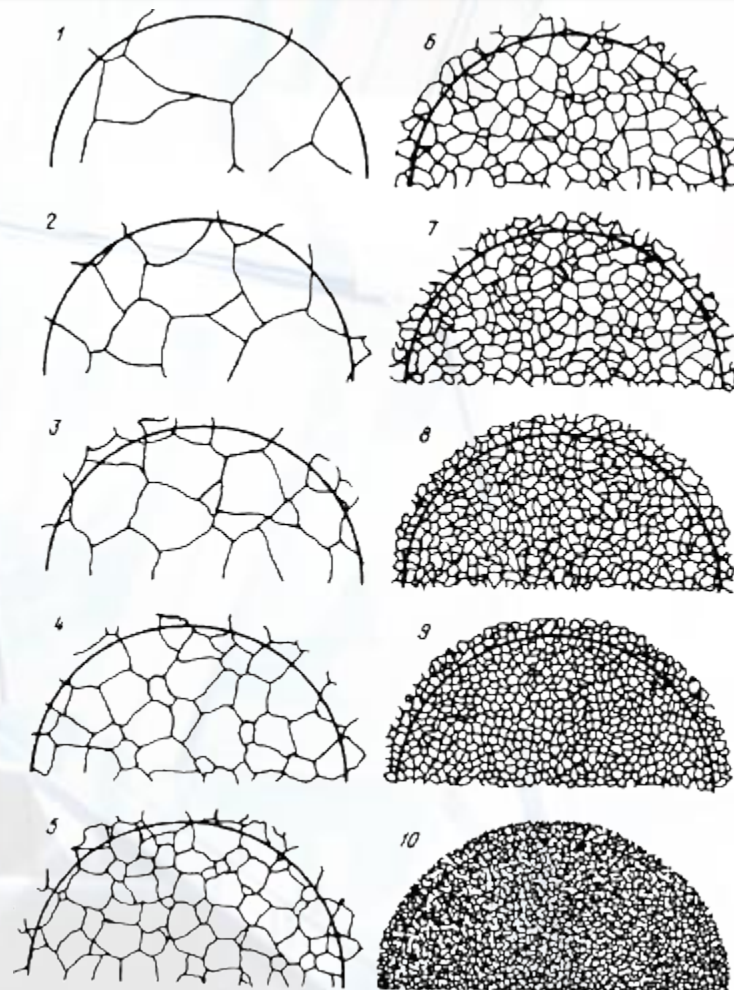
Закалочные зоны и зоны
перегрева, холодные и
горячие трещины

Рис. Возможные дефекты в сварном шве.

◎ Величина зоны термического влияния составляет при ручной электродуговой сварке для обычного электрода. 2...2,5 мм,

для электродов с повышенной толщиной обмазки — 4...10 мм.

При газовой сварке зона термического влияния существенно возрастает (до 20...25 мм).



- **В зоне термического влияния могут быть участки :**

- -старения (200... 300 °С);
- -отпуска (250...650 °С);
- -неполной перекристаллизации (700..870 °С);
- -нормализации (840...1000 °С);
- -перегрева (1000...1250 °С);
- -околошовный участок , примыкающий к линии сплавления (от 1250 °С до 1600°С).

- При сварке возможны два предельных случая :

- -резкая закалка при быстром охлаждении околошовного участка;
- -перегрев при медленном охлаждении и образование крупных зерен аустенита.

Свариваемость металлов.

◎ **Свариваемость** — комплексная технологическая характеристика, отражающая реакцию свариваемых материалов на технологический процесс сварки, и показывающая возможность получения сварных соединений, удовлетворяющих условиям эксплуатации.

◎ Три группы факторов, определяющих свариваемость :

- ◎ **1. Химический состав** и структура металла, наличие примесей, степень раскисления, виды предшествующих технологических операций (ковка, прокатка, термообработка) деталей.
- ◎ **2. Сложность формы и жесткость** конструкции, масса и толщина металла, последовательность выполнения сварных швов.
- ◎ **3. Технологический фактор** : вид сварки и сварочные материалы, режимы сварки и термических воздействий на основной материал.

© Основной характеристикой свариваемости является отсутствие холодных или горячих трещин при сварке.

Трещины, образующиеся при температурах выше $800...900^{\circ}\text{C}$ называются горячими, а при температурах ниже $200...300^{\circ}\text{C}$ — холодными.

Холодные трещины образуются из-за наличия закалочных явлений, присутствия атомов водорода и остаточными растягивающими напряжениями.

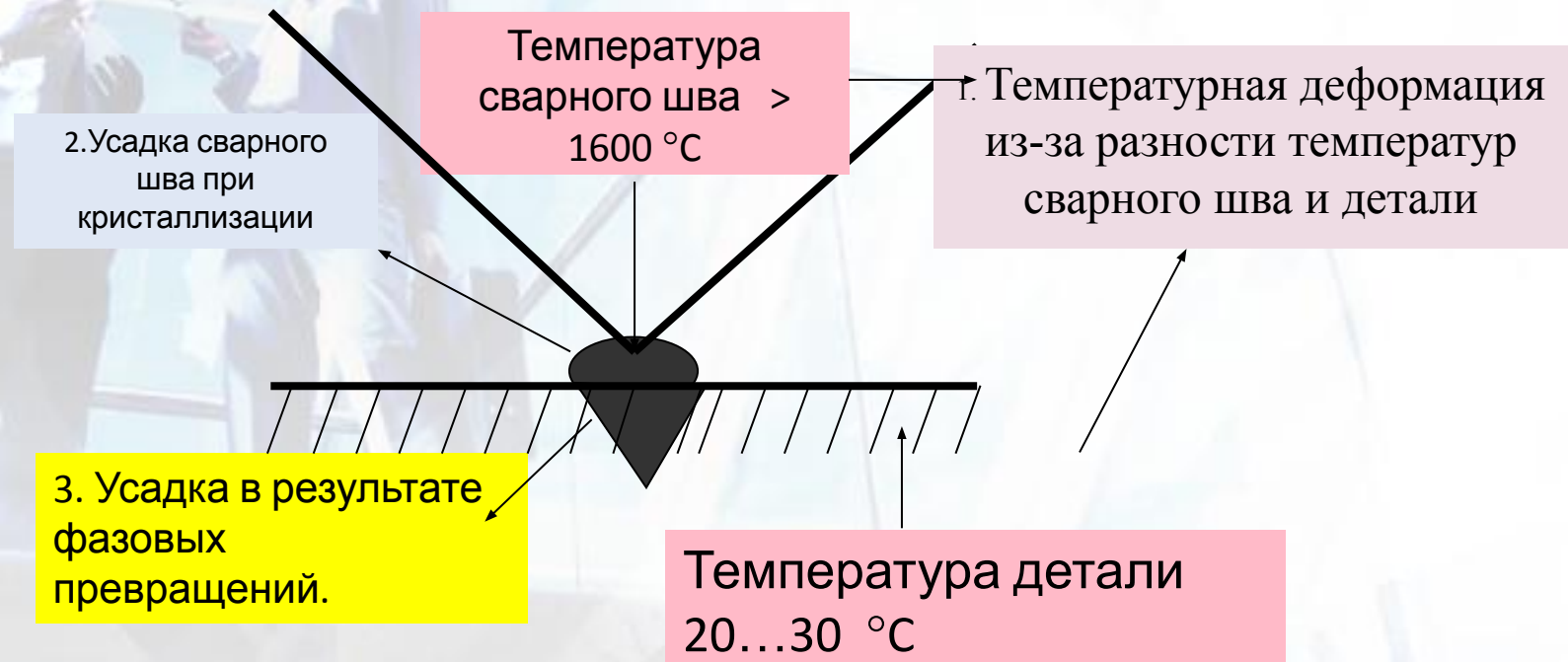
◎ Чувствительность сварного соединения к образованиям холодных трещин оценивают эквивалентным содержанием углерода в детали:

- ◎ $S_{\text{экв}} = C + Mn / 6 + (Cr + V + Mo) / 5 + (Ni + Cu) / 15$.
- ◎ При $S_{\text{экв}} < 0,45$ сталь сваривается без холодных трещин., а при $S_{\text{экв}} > 0,45$ — стали склонны к образованию холодных трещин. В последнем случае необходим предварительный подогрев свариваемого изделия до температуры :
- ◎ $T = 350 (C_{\text{общ}} - 0,25)^{1/2}$, °C ,
- ◎ где $C_{\text{общ}}$ — общий эквивалент углерода , зависящий от $S_{\text{экв}}$ и толщины h свариваемых деталей:
- ◎ $C_{\text{общ}} = S_{\text{экв}} (1 + 0,005 h)$.

- ◎ **Пример:** Определить возможность сварки деталей толщиной 5 мм из стали 40ХН.
- ◎ Находим по содержанию химических элементов в этой стали Сэкв : $C_{экв} = 0,4 + 1/5 + 1/15 = 0,67 > 0,45$.
- ◎ **Следовательно,** необходимо нагревать детали перед сваркой. С учетом поправки на толщину детали получаем значение общего эквивалента углерода:
- ◎ $C_{общ} = 0,67(1 + 0,005 \times 5) = 0,69$.
- ◎ **Далее определяем** температуру, до которой деталь нужно нагреть перед сваркой:
- ◎ $T = 350(0,67 - 0,25)^{1/2} = 232$ °С.
- ◎ **Чувствительность** сварного соединения НСS к образованию горячих трещин находится по формуле:
- ◎
- ◎
$$HCS = C (S + P + Si/25 + Ni/100) 10^3 .$$
- ◎ $3Mn + Cr + Mo + V$
- ◎ При $HCS < 4$ **горячие трещины не образуются.** Для высокопрочных сталей коэффициент НСS должен быть менее 1,6...2.

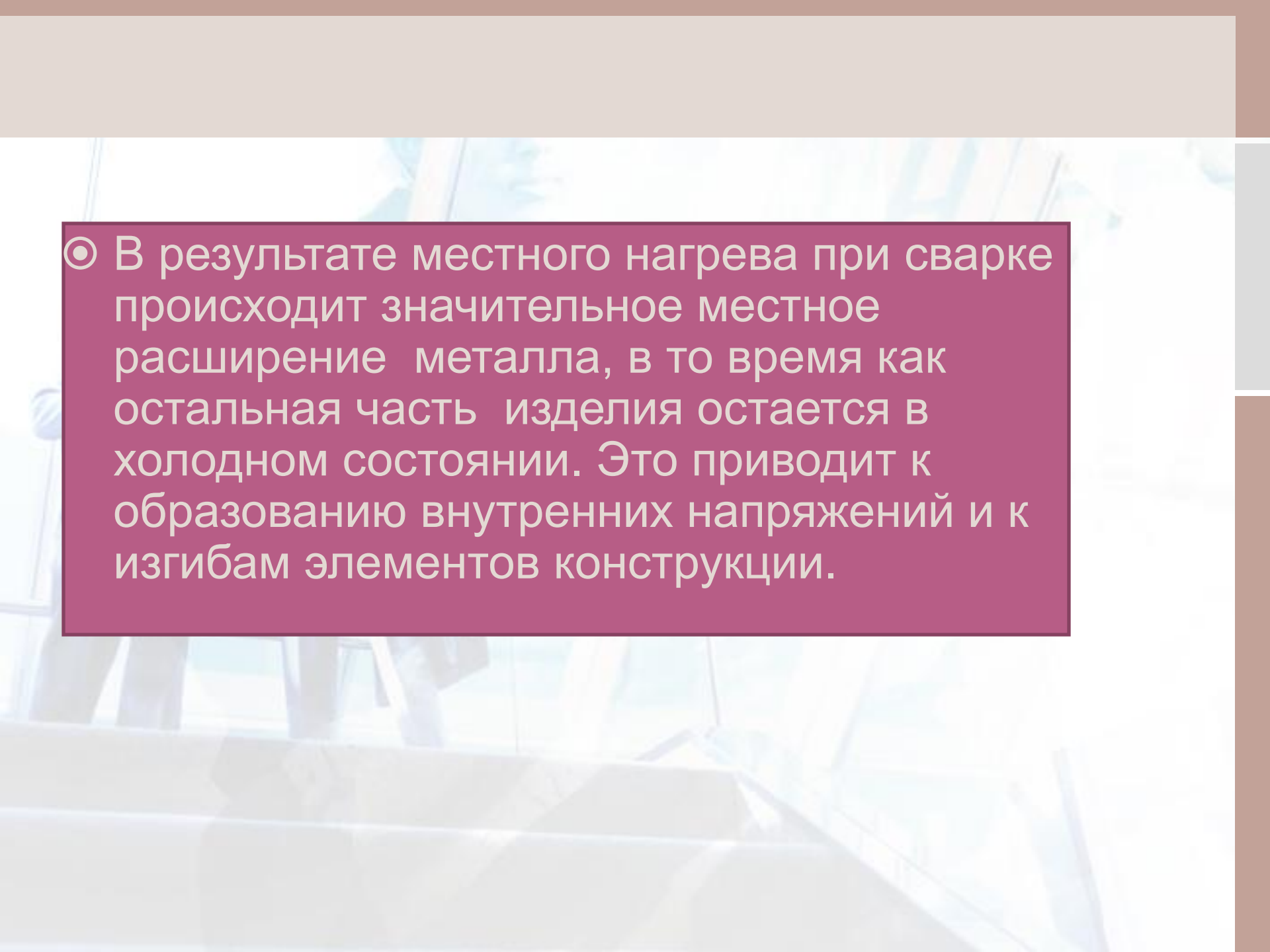
Деформации при сварке.

© Деформации деталей конструкции при сварке происходят вследствие образования внутренних напряжений, причинами которых являются



Причины деформаций деталей при сварке.

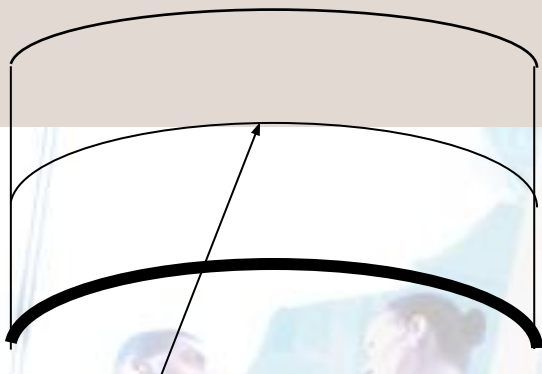
- ◎ 1. Температурные деформации из-за местного нагрева изделия ;
- ◎ 2. Усадка наплавленного металла;
- ◎ 3. Фазовые превращения, происходящие в металле при охлаждении.



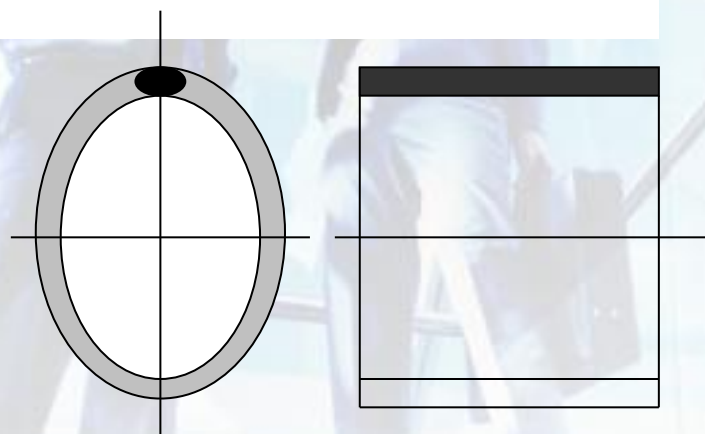
© В результате местного нагрева при сварке происходит значительное местное расширение металла, в то время как остальная часть изделия остается в холодном состоянии. Это приводит к образованию внутренних напряжений и к изгибам элементов конструкции.

◎ Усадка металла , происходящая вследствие уменьшения объема жидкого металла при затвердевании, является второй по значимости причиной появления внутренних напряжений .

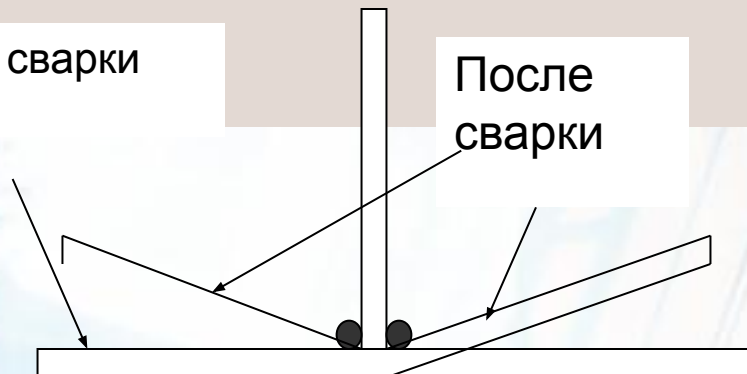
Фазовые превращения при охлаждении нагретого при сварке металла также сопровождаются относительно небольшим изменением объема металла. Так , для сталей переход α -железа в γ -железо вызывает изменение объема примерно на 1 %., это (третья причина) также приводит к образованию внутренних напряжений.



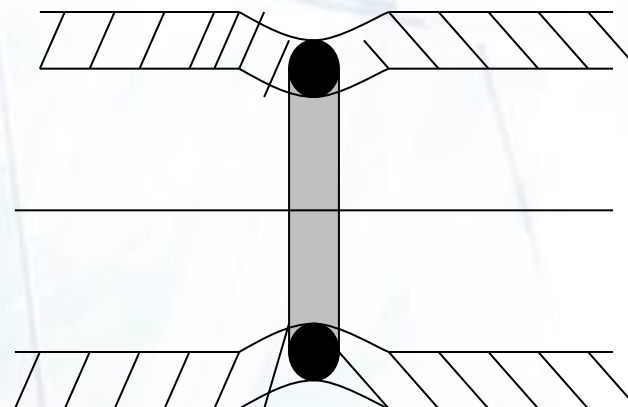
Искривление продольной оси из-за продольного сварного шва или газового реза



До сварки



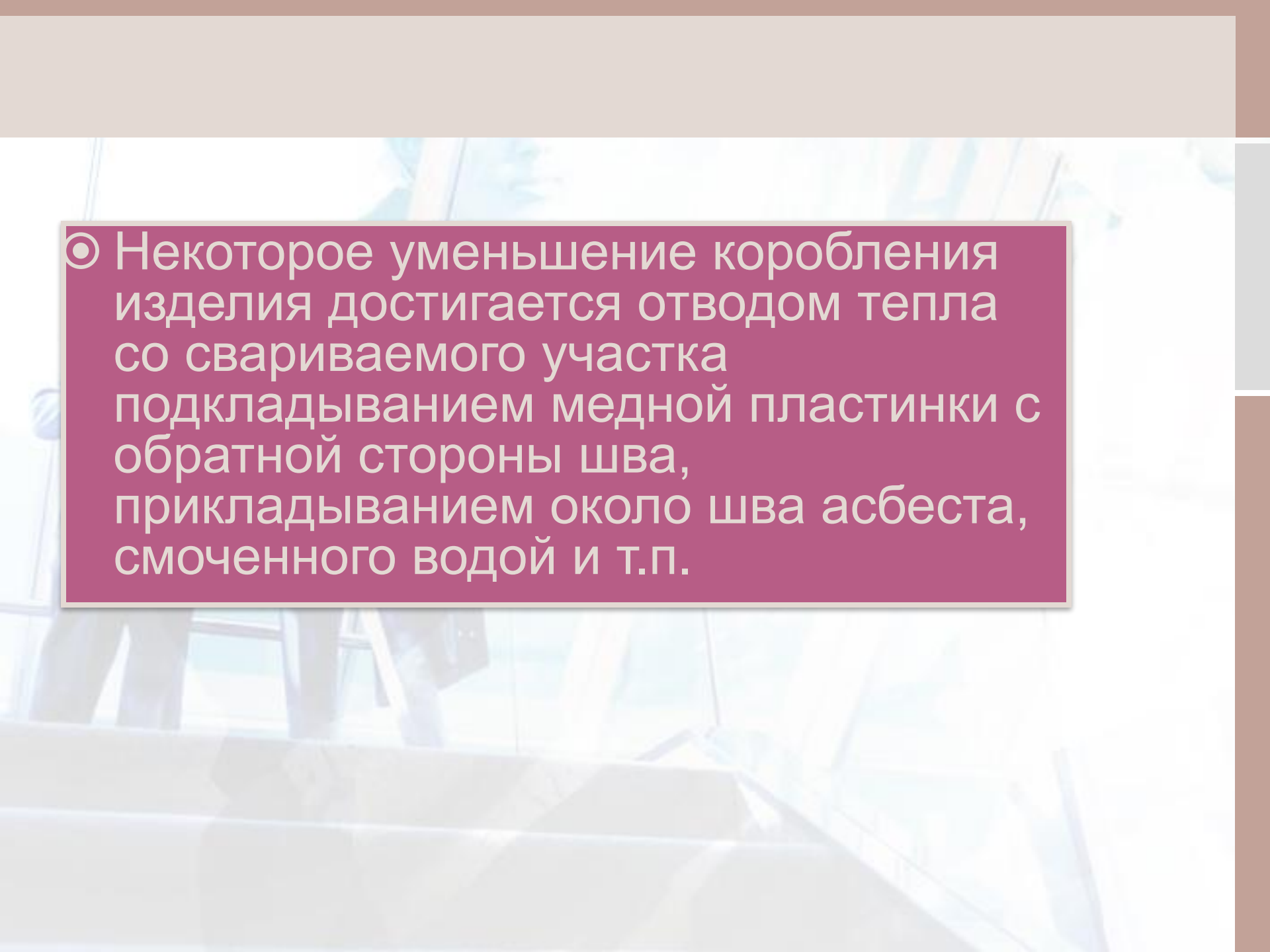
Деформация грибовидной формы из-за усадки сварного шва



Усадка трубы от кольцевого сварного шва

Примеры деформаций деталей при сварке и резке.

◎ Деформации изделия при сварке(рис.) могут быть уменьшены правильным выбором вида сварки и технологии её осуществления. Сварка, при которой изделие получает сосредоточенный нагрев, например, электродуговая сварка, вызывает коробления меньше, чем сварка, при которой нагревается больший участок детали ,например, сварка газовым пламенем. Деформации при сварке плавлением больше, чем при сварке давлением.



◎ Некоторое уменьшение коробления изделия достигается отводом тепла со свариваемого участка подкладыванием медной пластинки с обратной стороны шва, прикладыванием около шва асбеста, смоченного водой и т.п.

Коробление можно уменьшить и путем уравнивания образовавшихся деформаций. При этом способе места соединения деталей разбивают на участки, сварка которых ведется в таком порядке, чтобы деформации, получаемые при сварке на отдельных участках, были равны по величине и противоположны по направлению. Например, при сварке двутавровой балки из трех частей можно применять очередность сварки отдельных участков, показанную на рисунке .

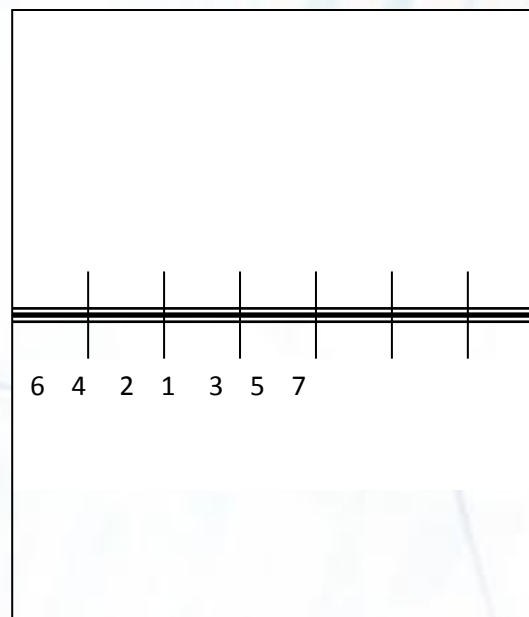


Рис. Снижение деформаций изделий изменением порядка сварки.

Рис. . Обратнo-ступенчатая сварка.

◎ Значительное уменьшение деформации достигается способом «обратноступенчатой» сварки. При этом способе кромки деталей, подлежащие сварке, делят на части, которые сваривают в последовательности, показанной на рисунке.

Коробление изделия в данном случае получается значительно меньше, т.к. деформации коротких швов не в состоянии вызывать значительную деформацию всего изделия.



Уменьшить коробление свариваемых изделий можно также способом «обратных деформаций». Он заключается в том, что свариваемые детали предварительно отгибают (или собирают) в сторону, обратную сварочным деформациям (рис.). В процессе сварки они принимают требуемую, или очень близкую к ней форму.

До
сварки

После
сварки



Рис. Обратный
изгиб деталей перед
сваркой.

◎ Полностью избежать деформаций при сварке не удастся, но уменьшить их до приемлемых значений можно за счет использования следующих конструкторских и технологических мероприятий:

рационального конструирования сварного узла;

◎ -выбора наиболее рационального способа сварки;

◎ -припуска на усадку шва по размерам и форме изделия;

◎ -рациональной сборки и подготовки к сварке;

◎ -предварительного, сопутствующего и последующего подогрева изделия;

◎ -проковки зоны сварного шва (в горячем состоянии или после остывания);

◎ -механической правки;

◎ -термической правки;

◎ -общей термообработки сварного изделия.

© На 85 ...90% остаточные напряжения при сварке снижаются при высоком отпуске сварных конструкций (нагрев до 550... 680 °С и охлаждение на воздухе). При местном отпуске нагревается часть конструкции около сварного соединения; после остывания ее остаточные напряжения останутся, но будут меньше по величине. Иногда проводят поэлементный отпуск отдельных сборочных элементов, а после этого окончательная сборка конструкции.

Основы электродуговой сварки и наплавки.



Для возбуждения электрической дуги используют чаще всего плавящиеся металлические и реже неплавящиеся (угольные и вольфрамовые) электроды (рис.). В первом случае сварной шов образуется за счет расплавления электрода, а во втором случае в дугу вводится присадочный металлический пруток, который плавится и заполняет сварной шов.

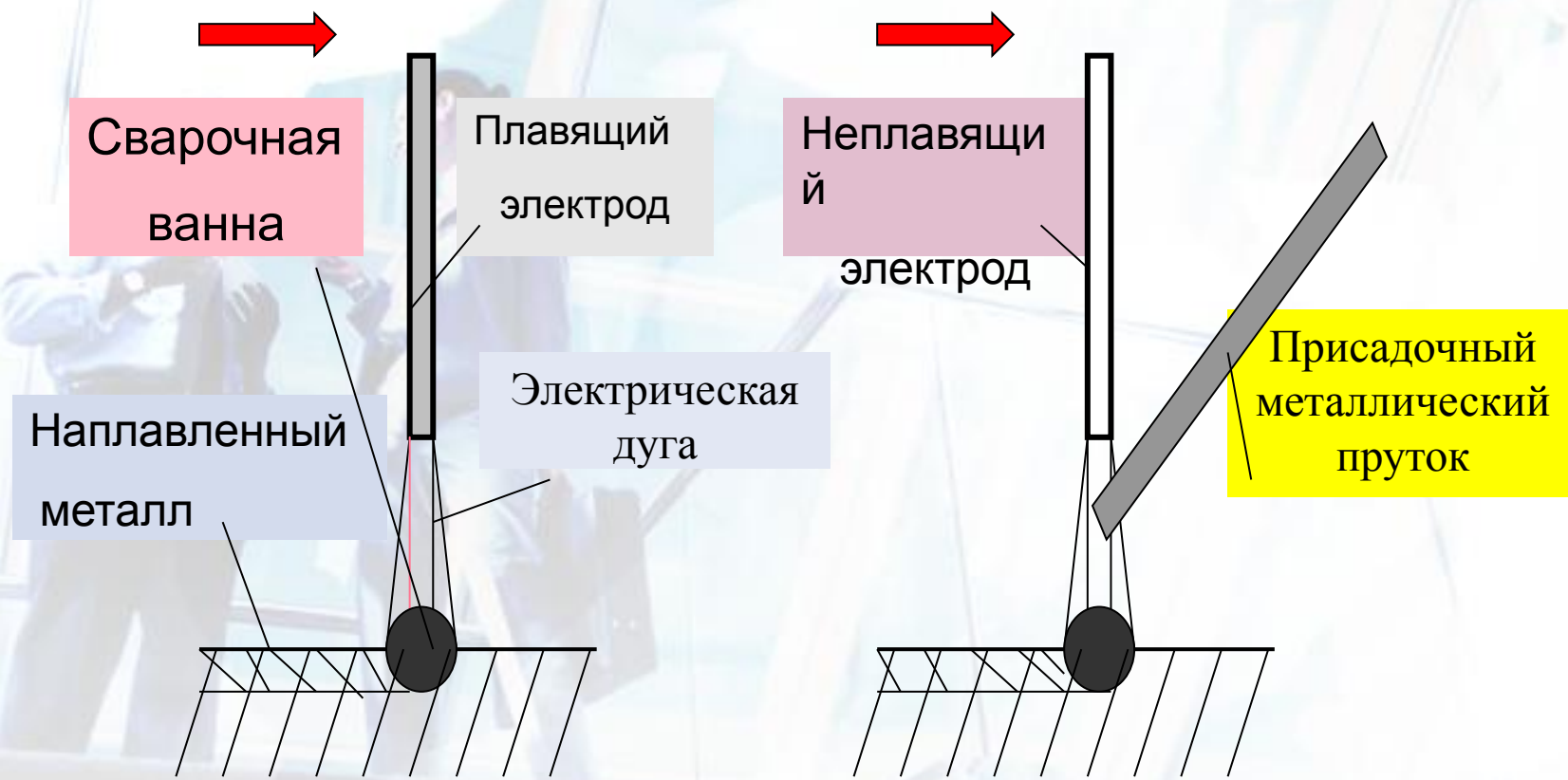


Рис. Схема наплавки плавящим и неплавящим электродом.

◎ Сварка плавящимися электродами выполняется как на переменном, так и на постоянном токе, а неплавящиеся электроды применяются только в специфических случаях (на постоянном токе для угольных электродов и на постоянном и переменном токе для вольфрамовых электродов). Следует иметь ввиду, что сварка на переменном токе технологически проще выполняема и почти в два раза экономичнее сварки на постоянном токе., но при сварке на постоянном токе более стабильно горит дуга.

© Для возникновения дугового разряда (рис) электродом касаются детали, при этом происходит расплавление поверхностей электрода и детали и при медленном отводе электрода жидкий металл растягивается, образуя металлический мостик, который далее разрывается и последующий разряд электричества происходит в ионизированной газообразной среде. Ионизация газа выполняется электронами, испускаемыми с поверхности электрода.

© **Сварка плавящимися электродами выполняется как на переменном, так и на постоянном токе**, а неплавящиеся электроды применяются только в специфических случаях (на постоянном токе для угольных электродов и на постоянном и переменном токе для вольфрамовых электродов). Следует иметь в виду, что сварка на переменном токе технологически проще выполняема и почти в два раза экономичнее сварки на постоянном токе., но при сварке на постоянном токе более стабильно горит дуга.

◎ После короткого замыкания (а) происходит плавление электрода (а ,б), вследствие чего растет капля расплавленного металла (в), которая далее касается ванночки и происходит короткое замыкание (г), при котором резко увеличивается ток, возникает большая разрывная сила, отрывающая каплю от электрода, т.е.

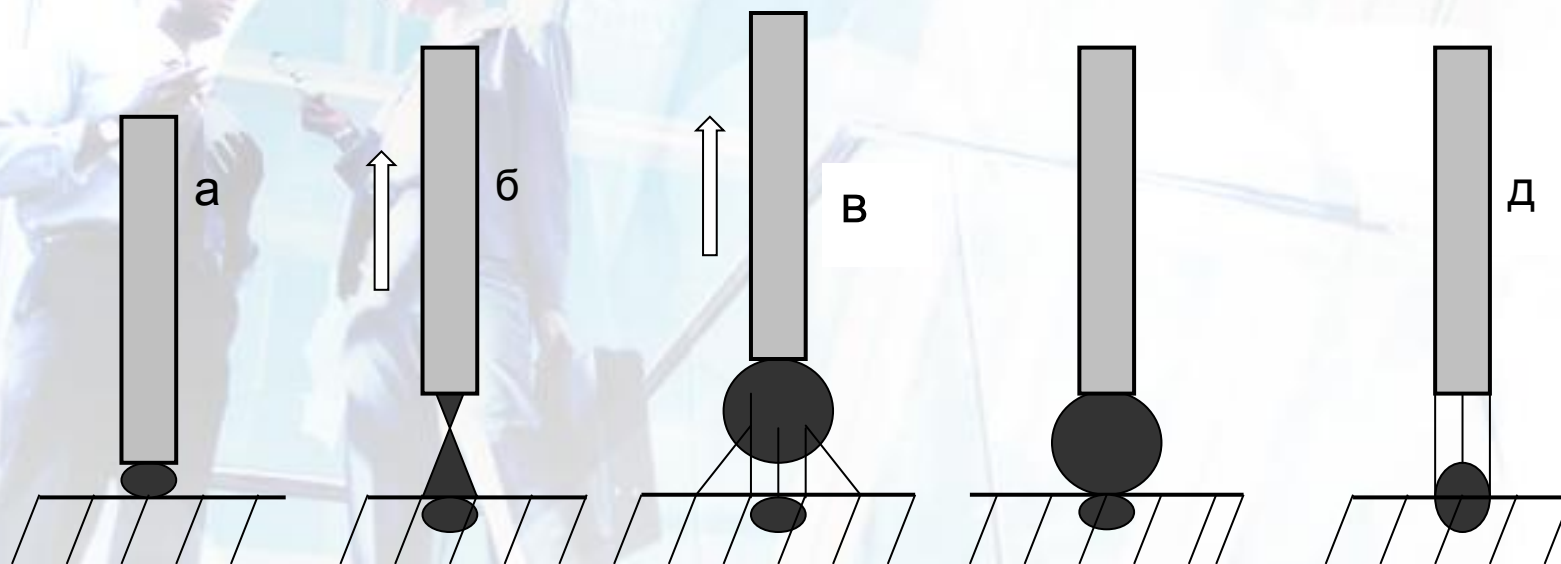


Рис. Схема переноса металла при электродуговой сварке.

происходит разрыв мостика расплавленного металла (д) и процесс вновь повторяется. Дальнейший перенос расплавленного металла выполняется как при коротком замыкании дугового промежутка так и без замыкания.

© Частота замыканий зависит от плотности тока $J_n / F_э$ (удельной тепловой загрузки) на электроде. При больших плотностях тока происходит мелкокапельный перенос без коротких замыканий.

- Стабильность горения дуги зависит от постоянства длины дуги (2... 4 мм), которое при сварке поддерживается постепенным опусканием электрода. Ориентировочно длина дуги должна быть равна диаметру электрода. Короткая дуга обеспечивает лучшее качество шва, т.к. расплавленный металл меньше подвержен воздействию окружающей среды (окислению и азотированию).

- При длинной дуге разбрызгивается металл и не обеспечивается достаточного проплавления основного металла. Устойчивость дуги также определяется величиной напряжения и силы тока, так для ручной сварки наилучшая устойчивость дуги будет при напряжении 18... 20 В и при плотности тока 18...20 А/мм². Устойчивость процесса плавки возрастает при увеличении индуктивности сварочной цепи.

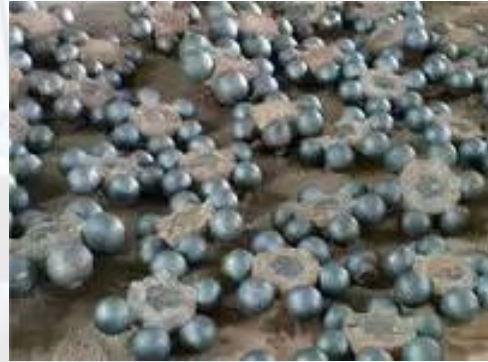
- **На форму шва** оказывают влияние напряжение дуги, скорость наплавки, диаметр и наклон электрода. **Ширина сварного шва** увеличивается с ростом напряжения дуги, с уменьшением скорости наплавки и увеличением диаметра электрода. Причем в последних двух случаях возрастает и общее сечение шва.

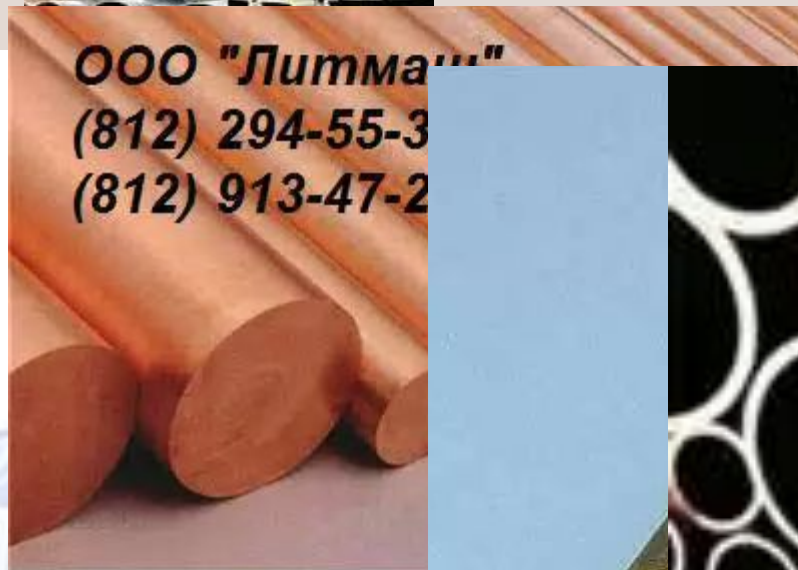
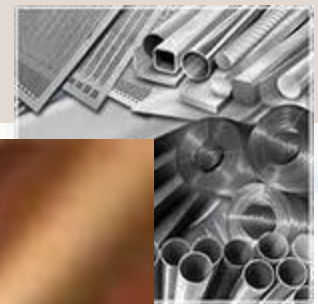
- **Металл при сварке плавится** при высоких температурах, а под её воздействием в зоне сварки происходит частичный распад молекул кислорода, азота и водорода на атомы; химическая активность этих элементов повышается и происходит изменение состава металла. Из-за образования кислородом окислов выгорают углерод, марганец и другие элементы, снижается прочность и износостойкость детали.

- **Азот** приводит к образованию нитридов, которые увеличивают твердость, но уменьшают пластичность металла и способствуют ускоренному старению металла шва. Из-за присутствия водорода образуются газовые пузырьки в металле и трещины. Для устранения этих негативных явлений необходимо создавать защитную среду из газов и шлака.



Материаловедение





ООО "Литма"
(812) 294-55-3
(812) 913-47-2



Дорус.ру
Дорус.ру

Классификация сталей

- **Сталь** представляет собой сплав железа с углеродом. Содержание углерода в стали не превышает 2%. В состав стали входят примеси как полезные — марганец (0,8%), кремний (0,4%), так и вредные —

Сплав — однородный по структуре и характеристикам материал, состоящий из двух или более химических элементов и имеющий металлические свойства.

- **Металл** — вещество, характеризующееся особыми свойствами: высокими прочностными показателями, электро- и теплопроводностью, ковкостью, блеском и кристаллическим строением.

Железо (Fe) — основной химический элемент в составе стали — блестящий металл серебристо-белого цвета, занимающий четвертое место по распространенности в природе

- **Углерод (С)** — химический элемент, при обычных условиях инертный. При высоких температурах он образует соединения со многими элементами. Самостоятельно существует в виде двух кристаллических веществ, называемых алмазом и графитом.

Для производства стали используют чугуны и стальной лом. Выплавка стали сводится к проведению окислительной реакции для удаления избытка углерода, марганца и других элементов.

Существует более 1500 марок сталей,

Условное обозначение сталей

- Различные группы сталей имеют свои условные обозначения, которые приводятся в соответствующих ГОСТах.

Углеродистые стали обыкновенного качества согласно ГОСТ 380—94 обозначаются буквами Ст и цифрой от 0 до 6, которая представляет собой условный номер стали, определяющий ее химический состав по ГОСТу, например Ст3.

В зависимости от степени раскисления

- в обозначении могут стоять следующие буквы: сп — спокойная, пс — полуспокойная и

При повышенном содержании марганца (до 1%) в полуспокойной стали после цифры в обозначении ее марки проставляется буква Г, например СтЗГпс.

Для сварных конструкций применяются стали марок СтЗкп, СтЗпс, СтЗсп, СтЗГпс, СтЗГсп.

- Качественная углеродистая конструкционная сталь по ГОСТ 1050—88 маркируется в соответствии с номинальным содержанием углерода, выраженным в сотых долях процента..

Например, сталь 45 содержит 0,45% углерода. Маркировка начинается с цифр 08; далее следуют 10, 15, 20, 85. При повышенном содержании марганца (до 1%) рядом с цифрой проставляется буква Г

- Стали, содержащие до 0,20% углерода включительно, могут быть кипящими, полуспокойными и спокойными. В первых двух случаях после цифры пишутся буквы кп или пс; если букв нет, то сталь спокойная.

Стали могут поставлять после термообработки или нагартовки; тогда в маркировке используются заглавные буквы Т и Н соответственно.

- Если сталь не подвергалась термообработке и нагартовке, то буквенное обозначение отсутствует.

Пример. 20ГпсТ — сталь, содержащая 0,20% углерода, легированная марганцем (до 1%), полуспокойная, термообработанная.

Все легированные стали:

- низколегированные (ГОСТ 19281—89), легированные конструкционные (ГОСТ 4543—71);
- теплоустойчивые (ГОСТ 20072—96),
- а также высоколегированные стали, жаростойкие и жаропрочные железоникелевые сплавы (ГОСТ 5632—72) — обозначаются однотипно.

первые две цифры маркировки означают содержание углерода в сотых долях процента; каждая последующая заглавная буква — условное обозначение легирующего элемента (табл.1); цифра, следующая за буквой, — содержание этого элемента в процентах. При наличии в стали менее 1% легирующего элемента цифра после буквы не проставляется. Если в конце обозначения стоит заглавная буква А, то речь идет о стали с пониженным содержанием серы и фосфора.

- Пример. 06Х18Н9Т — сталь, содержащая, %: углерода — 0,06; хрома — 18; никеля — 9; титана — до 1.

- Все легированные стали спокойные, кроме двух марок — 15Г2АФДпс и 18Г2АФДпс.

При маркировке сталей и сплавов, полученных специальными методами, в конце обозначения через дефис заглавными буквами указывают метод производства:

- ВД — вакуумно-дуговой переплав;
- Ш — электрошлаковый переплав;
- ВИ — вакуумно-индукционная выплавка.

Пример. 03Х23Н28М3Д3Т-ВИ — сталь, полученная вакуумно-индукционной выплавкой; содержит, %: углерода — 0,03; хрома — 23; никеля — 28; молибдена — 3; меди — 3; титана — до 1.

Наименование	Условное обозначение элемента по таблице Менделеева	При маркировке металла	Наименование	Условное обозначение элемента по таблице Менделеева	При маркировке металла
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Nb	Б
Хром	Cr	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В	Бор	B	?
Селен	Se	Е	Азот	N	А*
Алюминий	Al	Ю			

• Ковкий чугун

- Ковкий чугун получают термообработкой из белого чугуна. Он получил свое название из-за повышенной пластичности и вязкости (хотя обработке давлением не подвергается). Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготавливают детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

- Маркируется ковкий чугун двумя буквами и двумя числами, например КЧ 37-12. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первое число – предел прочности (кгс) на разрыв, второе число – относительное удлинение (%), характеризующее пластичность чугуна.

- Высокопрочный чугун получают введением в жидкий серый чугун специальных добавок. Он применяется для изготовления более ответственных изделий, заменяя сталь (коленчатых валов, поршней, зубчатых колес и др.).

- Маркируется высокопрочный чугун также двумя буквами и двумя числами, например ВЧ 45-5. Буквы ВЧ обозначают высокопрочный чугун, а числа имеют то же значение, что и в марках ковкого чугуна.

- **Сталью** называется сплав железа с углеродом, содержащий до 2,1% углерода. Как и чугун, сталь имеет примеси кремния, марганца, серы и фосфора. Основное отличие стали от чугуна – это то, что сталь содержит меньшее количество углерода и примесей.

- Сталь получают переплавкой металлолома или из передельного чугуна. Процесс получения стали из чугуна сводится к удалению излишнего углерода и понижению количества входящих в чугун примесей. В зависимости от химического состава стали делятся на углеродистые и легированные.

- В состав углеродистой стали кроме углерода входит небольшое количество постоянных примесей (S, S, P), попадающих в нее при выплавке. Главным элементом, определяющим свойства углеродистой стали, является углерод. Он повышает твердость, упругость, прочность, уменьшает пластичность и сопротивление ударным нагрузкам.

- **Кремний и марганец** в небольшом количестве особого влияния на свойства стали не оказывают.
- **Сера и фосфор** считаются вредными примесями.
- **Сера** вызывает красноломкость, хрупкость при высоких температурах, уменьшает коррозионную стойкость. **Фосфор** увеличивает хрупкость и хладноломкость стали, т.е. хрупкость при обычных температурах.

- **Углеродистая сталь**, в свою очередь, подразделяется по назначению и качеству. По назначению она делится на конструкционную и инструментальную.

Свойства сталей

Механические свойства:

- **прочность** — способность материала выдерживать внешнюю нагрузку без разрушения. Количественно это свойство характеризуется пределом прочности и пределом текучести;

- **предел прочности** — механическое напряжение, при превышении которого образец разрушается;

предел текучести — механическое напряжение, при превышении которого образец продолжает удлиняться при отсутствии нагрузки;

пластичность — способность стали изменять форму под действием нагрузки и сохранять ее после снятия нагрузки. Количественно характеризуется углом загиба и относительным удлинением при растяжении;

- **ударная вязкость** — способность стали противостоять динамическим нагрузкам. Количественно оценивается работой, необходимой для разрушения специального образца, отнесенной к площади его поперечного сечения;

твёрдость — способность стали сопротивляться проникновению в нее других твердых тел. Количественно определяется нагрузкой, отнесенной к площади отпечатка при вдавливании стального шарика (метод Бринелля) или алмазной пирамиды (метод Виккерса).

Физические свойства:

- **плотность** — масса вещества, заключенного в единичном объеме. Все металлы обладают высокой плотностью;

теплопроводность — способность передавать теплоту от более нагретых участков к менее нагретым;

электропроводность — способность пропускать электрический ток. Все металлы и их сплавы обладают высокой тепло- и электропроводностью.

• **Химические свойства:**

- **окисляемость** — способность вещества соединяться с кислородом. Окисляемость усиливается с повышением температуры металла. Низкоуглеродистые стали под действием влажного воздуха или воды окисляются с образованием ржавчины — оксидов железа;

• **коррозионная стойкость** — способность металла не окисляться и не вступать в химические реакции с окружающими веществами;

• **жаростойкость** — способность стали не окисляться при высокой температуре и не образовывать окалины;

• **жаропрочность** — способность стали сохранять свои прочностные свойства при высокой температуре

Технологические свойства:

- **КОВКОСТЬ** — способность стали принимать новую форму под действием внешних сил;

жидкотекучесть — способность стали в расплавленном состоянии заполнять узкие зазоры и пространства;

обрабатываемость резанием — свойство стали поддаваться механической обработке режущим инструментом;

свариваемость — способность стали образовывать высококачественное сварное соединение, не содержащее дефектов.

Влияние химических элементов на свойства сталей

- В состав стали кроме железа и углерода входят и другие химические элементы, которые содержатся в ней в малых количествах из-за несовершенства технологии производства либо специально вводятся в нее для придания особых свойств. В последнем случае эти элементы называются легирующими. Все элементы в стали условно подразделяются на **полезные и вредные**.

Полезные элементы:

- **углерод** — определяет прочность, вязкость и закаливаемость стали. Содержание углерода до 0,25 % не влияет на свариваемость. Увеличение содержания углерода в стали ухудшает ее свариваемость;

кремний — при содержании до 0,3% повышает пределы текучести и прочности, но ухудшает свариваемость и снижает ударную вязкость стали; при содержании до 0,6% улучшает упругие свойства стали;

- **марганец** — при содержании до 1,8% оказывает незначительное влияние на свариваемость стали, но способствует ее закалке; при высоком содержании сварка затруднена, поскольку велика вероятность появления трещин;

- **хром** — при содержании от 0,3% до 35% повышает твердость и прочность стали, однако снижает ее пластичность и вязкость. При высокой температуре образует карбиды, затрудняющие процесс сварки;

никель — улучшает прочностные и пластические свойства стали; на свариваемость практически не влияет;

молибден — улучшает прочностные характеристики стали, делает ее теплоустойчивой, увеличивает твердость стали и несущую способность конструкций при ударных нагрузках и высоких температурах. Затрудняет сварку, так как активно окисляется и выгорает;

- **ванадий** — повышает вязкость и пластичность стали, улучшает ее, ухудшает свариваемость; структуру, способствует закалке,

вольфрам — увеличивает твердость и работоспособность стали при высоких температурах, ухудшает свариваемость;

титан — повышает коррозионную стойкость стали, способствует образованию горячих трещин при сварке;

медь — повышает прочность и коррозионную стойкость стали, не влияет на свариваемость.

- **Вредные элементы:**

- **сера** — придает красноломкость, т.е. большую хрупкость при высоких температурах, оказывает отрицательное влияние на свариваемость;

фосфор — придает хладноломкость — хрупкость при нормальных температурах, отрицательно влияет на свариваемость;

азот — увеличивает хрупкость стали и способствует ее старению;

кислород и водород — ухудшают структуру стали и способствуют повышению ее хрупкости.

Марка или группа сталей	Цвет краски	Марка или группа сталей	Цвет краски
<i>Сталь обыкновенного качества</i>		<i>Сталь легированная</i>	
Ст0	Красный и зеленый	Хромистая	Зеленый и желтый
Ст1	Белый и черный	Хромомолибденовая	Зеленый и фиолетовый
Ст2	Желтый	Хромованадиевая	Зеленый и черный
Ст3	Красный	Марганцовистая	Коричневый и синий
Ст4	Черный	Хромомарганцовая	Синий и черный
Ст5	Зеленый	Хромокремнистая	Синий и красный
<i>Сталь углеродистая качественная</i>			
08; 10; 15; 20	Белый	Хромокремнемарганцовая	Красный и фиолетовый
		Никельмолибденовая	Желтый и фиолетовый
25; 30; 35; 40	Белый и желтый	Хромоникелевая	Желтый и черный
45; 50; 55; 60	Белый и коричневый	Хромоникельмолибденовая	Фиолетовый и черный
		Хромоалюминиевая	Алюминиевый



Электроды





◎ В зависимости от рода защиты расплавленного металла от вредного воздействия воздуха различают следующие виды сварки и наплавки :

- ◎ Электродом без покрытия или только со стабилизирующим покрытием.
- ◎ Электродом со стабилизирующим и защитным покрытием.
- ◎ Порошковыми электродами.
- ◎ Под слоем флюса.
- ◎ В среде защитных газов.
- ◎ В среде охлаждающей жидкости.
- ◎ В комбинированной среде.

Ручная электродуговая сварка и наплавка.

- ◎ Этим способом изготавливается большая номенклатура деталей ,особенно крупногабаритных (базисных), и строительных конструкций ,а также устраняются у них эксплуатационные дефекты (трещины, обломы, износы) .
- ◎ Качество наплавки во многом определяется материалом электрода и покрытия. Электроды разделяются на группы в зависимости от назначения и механических свойств наплавленного металла :

- ◎ Электроды для сварки конструкционных сталей (УОНИ 13/55, ОМА-2, ОК-46.00, Вн-01-00, ...).
- ◎ Электроды для сварки высоколегированных сталей (ОЗН-350, ОЗН-300,..).
- ◎ Электроды для наплавки износостойких покрытий (Т - 590, ЦН-5,...)
- ◎ Электроды для сварки чугуна (МНЧ - 1, ОЗЧ- 1, ЦЧ – 4, ПАНЧ-11).
- ◎ Электроды для сварки алюминевых сплавов (ОЗА - 1, А - 2, Ал - 2, ...).

Химический состав (%) некоторых марок стальной сварочной проволоки ГОСТ 2246-70

Проволока	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
1	2	3	4	5	6	7	8
Низко- углеродистая: СВ-08	≤0,10	≤0,03	0,35–0,6	≤0,15	≤0,3	≤0,04	0,04
СВ-08А				≤0,12		≤0,03	0,03
СВ-08ГА			0,8–1,1			≤0,025	0,03
СВ-10Г2	≤0,12		1,5–1,9	≤0,2	≤0,3		
Легированная: СВ-08ГС	≤0,1	0,6–0,085	1,4–1,7	≤0,2	≤0,25	≤0,25	0,3
СВ-08Г2С	≤0,1	0,7–0,95	1,8–2,1		≤0,25		
СВ-18ХГС	0,15–0,22	0,9–1,2	0,8–1,2	0,8–1,1	≤0,3		

1	2	3	4	5	6	7	8
Высоко- легированная: СВ-12Х13	0,09–0,14	0,3–0,7	0,3–0,7	12–14	≤0,6	0,25	0,3
СВ-06Х19Н9Т	0,08	0,4–1	1–2	18–20	8–10	0,015	
СВ-07Х19Н10Б	0,05–0,09	≤0,7	1,5–2	18–20	910	0,015	
СВ- 10Х16Н25АМ6	0,1	≤0,6	1–2	15–17	24–27	0,18	0,2

ПРИМЕР условного ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА

Назначение: сварка углеродистых и низколегированных сталей

Тип электрода, прочностная характеристика 420 МПа	Марка электрода	Диаметр электрода 3 мм	Покрытие толстое
Э42А	УОНИ-13/45	3,0	УД

ГОСТ 9466-75

Е432(5) - Б1 О ГОСТ 9467-75

Группа индексов, указывающая на прочностные характеристики металла шва по ГОСТ 9467-75				Постоянный ток, обратная полярность
				Допустимое пространственное положение - любое
				Покрытие основное

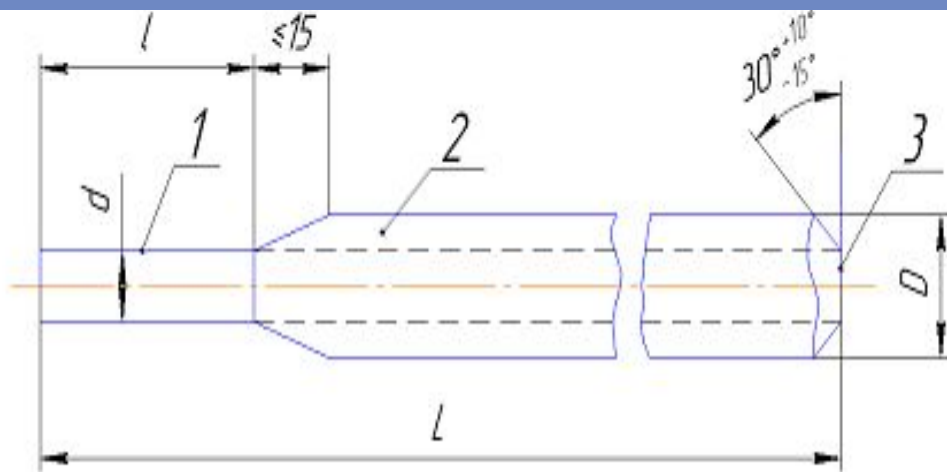


Рис. 8.1. Покрытый электрод: 1 – металлический стержень;
2 – слой покрытия; 3 – торец электрода

Характеристики покрытых электродов

Марка электрода	Тип электрода	Механические характеристики			Технологические характеристики	
		δ_B , МПа	δ_T , МПа	a_H , кДж/м ²	a_H , г(А·с)	Род тока
1	2	3	4	5	6	7
ОММ-5	Э42-Р	490	363	980	$2 \cdot 10^{-3}$	Переменный и постоянный
АНО-6	Э42-Т	440	232	1370	$2,4 \cdot 10^{-3}$	То же
ОЗС-2	Э42А0Ф	450	372	1760	$2,4 \cdot 10^{-3}$	Постоянный
АНО-3	Э46-Т	490	372	1470	$2,4 \cdot 10^{-3}$	Переменный и постоянный

1	2	3	4	5	6	7
АНО-4	Э46-Т	490	362	1470	$2,3 \cdot 10^{-3}$	То же
ОЗС-4	Э46-Т	490	382	1175	$2,4 \cdot 10^{-3}$	Переменный и постоянный
МР-3	Э46-Т	490	372	1470	$2,2 \cdot 10^{-3}$	То же
УОНИ 13/45	Э42А-Ф	450	353	2160	$2,4 \cdot 10^{-3}$	Постоянный
УОНИ 13/55	Э50А-Ф	510	412	1960	$2,5 \cdot 10^{-3}$	Постоянный
УОНИ 13/65	Э60А-Ф	608	461	1760	$2,5 \cdot 10^{-3}$	Постоянный
УОНИ 13/85	Э85-Ф	882	520	882	$2,6 \cdot 10^{-3}$	Постоянный
АНО-1	Э42-Т	460	343	1370	$3 \cdot 10^{-3}$ $4,2 \cdot 10^{-3}$	Переменный и постоянный
АНО-5	Э42-Т	450	372	1270	$4,2 \cdot 10^{-3}$	То же
ОЗС-3	Э46-Т	470	392	1180	$3 \cdot 10^{-3}$	То же

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода D к диаметру стального стержня d различают:

- с тонким покрытием ($D/d \leq 1,2$) присвоен индекс **М**;
- со средним покрытием ($1,2 < D/d \leq 1,45$) – **С**;
- с толстым покрытием ($1,45 < D/d \leq 1,8$) – **Д**;
- с особо толстым покрытием ($D/d \leq 1,8$) – **Г**.

По допустимым основным положениям сварки покрытые электроды делятся на группы:

- 1 – для всех положений;
- 2 – для всех положений, кроме вертикального;
- 3 – для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости;
- 4 – для нижнего.

- ◎ Электроды первой группы чаще всего изготавливаются из малоуглеродистой сварочной проволоки Св — 08 , Св — 10 (цифра показывает содержание углерода в сотых долях %.).
- ◎ **Покрyтия электродов могут быть двух видов :**
- ◎ 1 — стабилизирующее , способствующее устойчивому горению дуги ;
- ◎ 2 — защитное, предохраняющее расплавленный слой от кислорода и азота
- ◎ воздуха и имеющее раскисляющие, легирующие и другие элементы.

◎ **Стабилизирующее покрытие** состоит из веществ (калий, кальций и др.), атомы которых легко ионизируются и тем самым облегчается возбуждение и горение дуги. Сухой воздух не является проводником электрического тока, но если в нем имеются ионизированные атомы, то электрический ток проходит. В период дефицита электродов простейшую стабилизирующую обмазку электродов изготавливали из 80.. 85 частей мела и 15... 20 частей жидкого стекла. Однако это покрытие не защищает металл от воздействия воздуха ; сварка выполняется , но шов получается хрупким.

◎ **Защитное покрытие является более сложным по составу и включает в себя различные вещества :**

- ◎ **Связывающие** (жидкое стекло, ...);
- ◎ **Стабилизирующие** горение дуги (сода, поташ,.....);
- ◎ **Газообразующие** (крахмал, пищевая мука, целлюлоза, уголь,....);
- ◎ **4. Шлакообразующие** (полевой шпат, плавиковый шпат, кварц,.. .);
- ◎ **Раскисляющие и легирующие** (ферромарганец, ферросилиций, ...)
- ◎ Покрытие наносится на электрод слоем 0,5... 2,5 мм.



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ





Источниками питания электрической дуги являются :



Схемы подключения одно- двух- и трехфазных трансформаторов.

⊙ Напряжение первичной обмотки 220 В в однофазных трансформаторах или 380 В в двух и трехфазных трансформаторах понижается до более низкого напряжения (40...90 В холостого хода) .

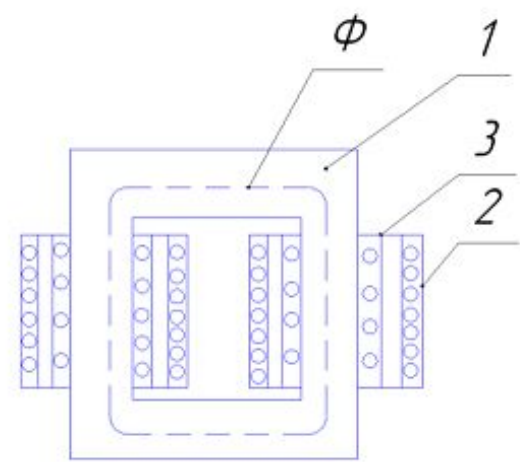
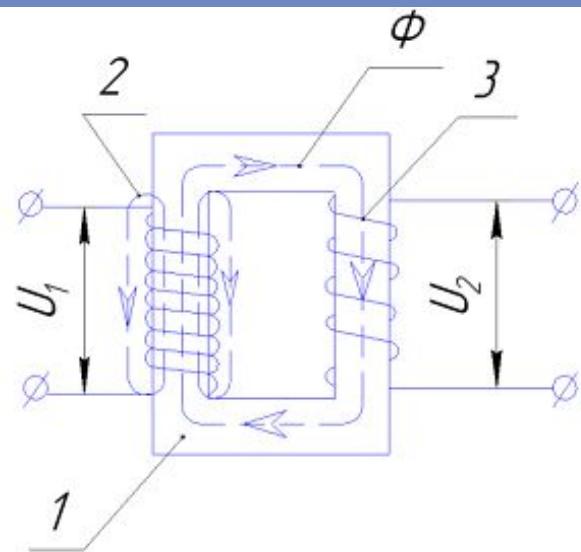
⊙ Во вторичной обмотке в несколько раз меньше витков, чем у первичной обмотки, а провод изготавливается значительно большего сечения, т.к. сварочные токи измеряются сотнями и тысячами ампер.

⊙ Сила сварочного тока регулируется несколькими способами: переключением вторичных обмоток (изменение числа витков), изменением воздушного зазора между подвижным пакетом и неподвижным магнитопроводом, перемещением катушек вторичной обмотки и включением магнитного дросселя в сварочную цепь.

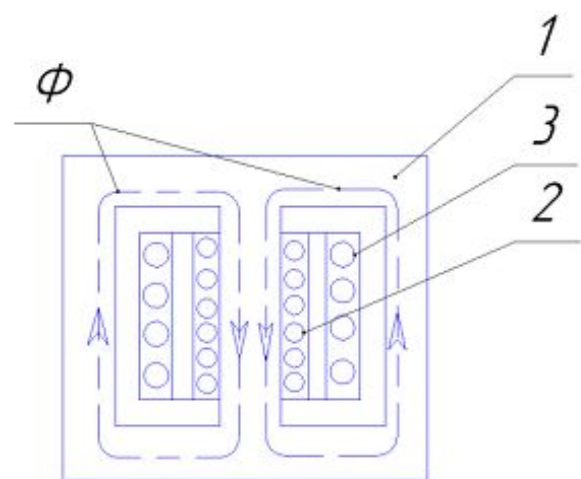
- Трансформатором называют электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого
 - напряжения той же частоты.

Работа трансформатора основана на электромагнитном взаимодействии двух или нескольких не связанных между собой обмоток провода.

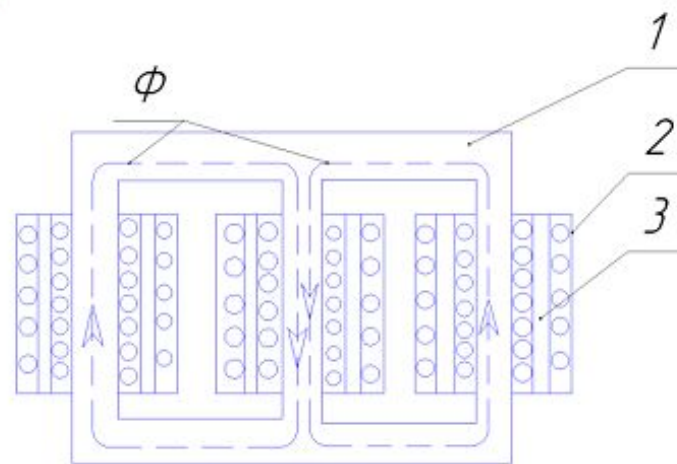
Простейший трансформатор (рис.) состоит из магнитопровода 1, первичной 2 и вторичной 3 обмоток. Обмотки имеют соответственно число витков W_1 и W_2 . Магнитопровод выполняется из листовой электротехнической стали с толщиной листов 0,35 или 0,5 мм с лаковой изоляцией.



а



б



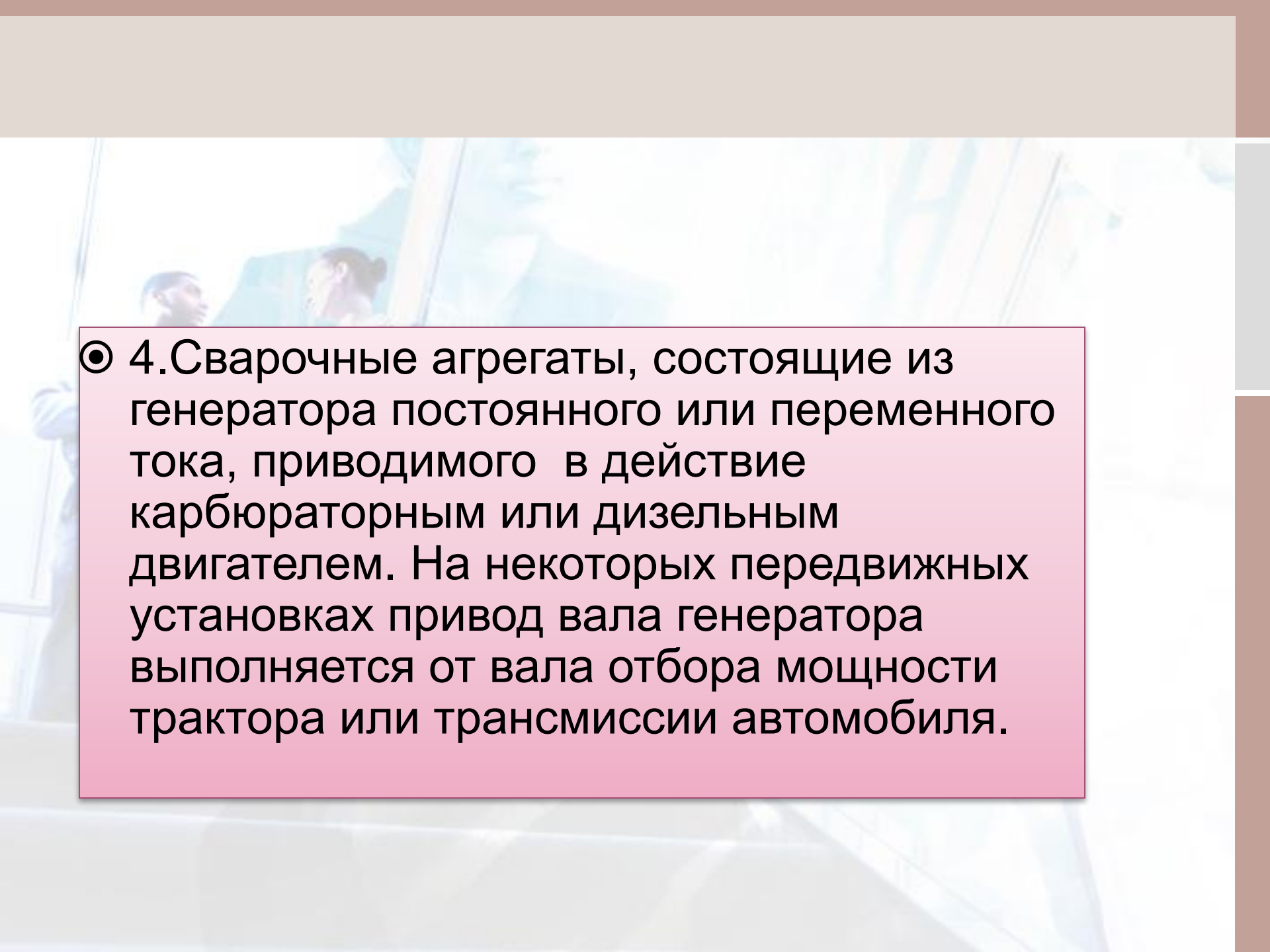
в

Рис. 9.4. Принципиальная схема и типы трансформаторов: а – стержней; б – броневой; в – трехфазный; Φ – магнитный поток

- Такая конструкция магнитопровода дает возможность ослабить возникающие в нем паразитные вихревые токи.
- Часть магнитопровода с размещенными обмотками называют стержнями, которые соединяются ярмом. Подведение напряжения внешней сети U_1 к первичной обмотке вызывает в ней силу тока I_1 .
- При этом в магнитопроводе возбуждается магнитный поток Φ_1 , пронизывающий витки обеих обмоток.
- В результате в них индуцируется э.д.с.,

◎ 2. Сварочные преобразователи, представляющие собой установку, в которой ротор сварочного генератора постоянного или переменного тока приводится во вращение электродвигателем. Сила тока регулируется с помощью обмоток возбуждения.

3. Сварочные выпрямители, состоящие из понижающего одно-, двух- или трехфазного трансформатора и блока выпрямителей (диоды, селеновые, германиевые или кремниевые пластины).



© 4. Сварочные агрегаты, состоящие из генератора постоянного или переменного тока, приводимого в действие карбюраторным или дизельным двигателем. На некоторых передвижных установках привод вала генератора выполняется от вала отбора мощности трактора или трансмиссии автомобиля.

© Для упрощения зажигания и улучшения устойчивости горения дуги в некоторых случаях, например, при аргонно-дуговой сварке, используются осцилляторы, которые преобразуют переменный ток частоты 50 Гц в ток высокой частоты (150... 500 кГц) и высокого напряжения (2... 6 кВ), который накладывается на основной сварочный ток. Осциллятор включается параллельно сварочному трансформатору, высокие напряжение и частота способствуют улучшению пробоя газовой среды и её ионизации.

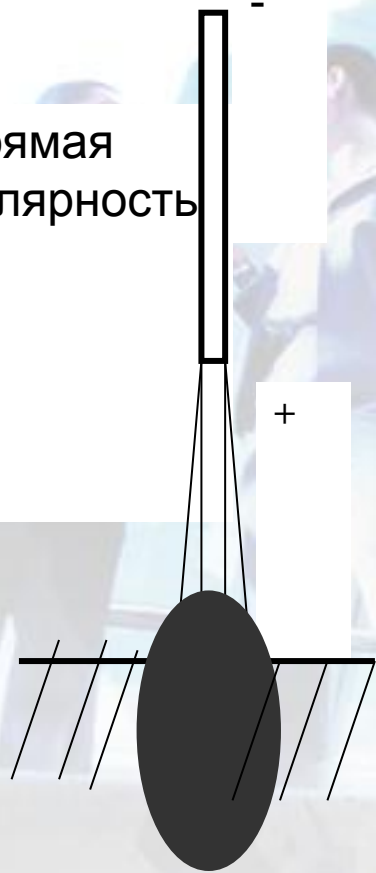
◎ Сварка может выполняться как на переменном, так и на постоянном токе. По возможности следует проводить сварку на переменном токе, т.к. она раза в два экономичнее сварки на постоянном токе. Следует иметь ввиду, что температура дуги выше на аноде, чем на катоде. Поэтому при необходимости глубокого проплавления металла применяют прямую полярность : плюс (анод) на деталь, а минус (катод) на электрод (рис) . Для уменьшения перегрева детали применяют обратную полярность : минус присоединяют к деталям, а плюс на электрод.

+

Прямая
полярность

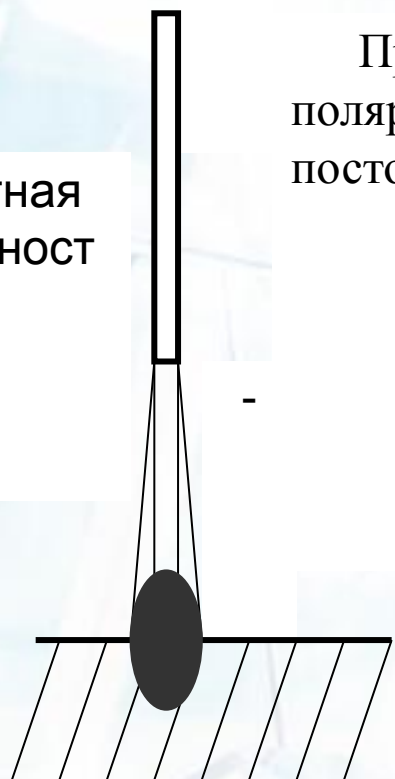
-

+



Обратная
полярность

-



Прямая и обратная
полярность при сварке на
постоянном токе.

- ◎ Для повышения производительности ручной дуговой сварки применяют ряд способов :
- ◎ Сварка с глубоким проплавлением (рис).
Используется электрод ОЗС с повышенной толщиной покрытия , у которого расплавление обмазки несколько отстает от расплавления электрода, поэтому дуга плавится как бы внутри чехла. Действие дуги концентрируется и меньше потерь тепла , поэтому глубина проплавления увеличивается.

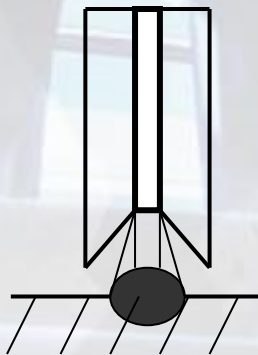


Рис. Сварка электродом с повышенной толщиной обмазки

- ◎ Сварка лежачим электродом (рис). Электрод с повышенной толщиной обмазки укладывается в разделку шва, возбуждается дуга, которая горит и по мере расплавления электрода перемещается по его длине .

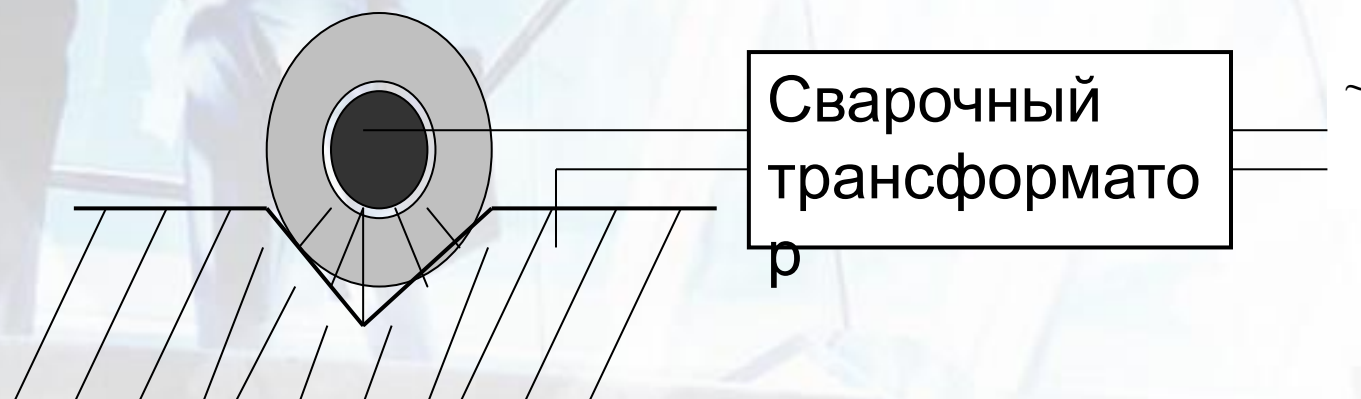
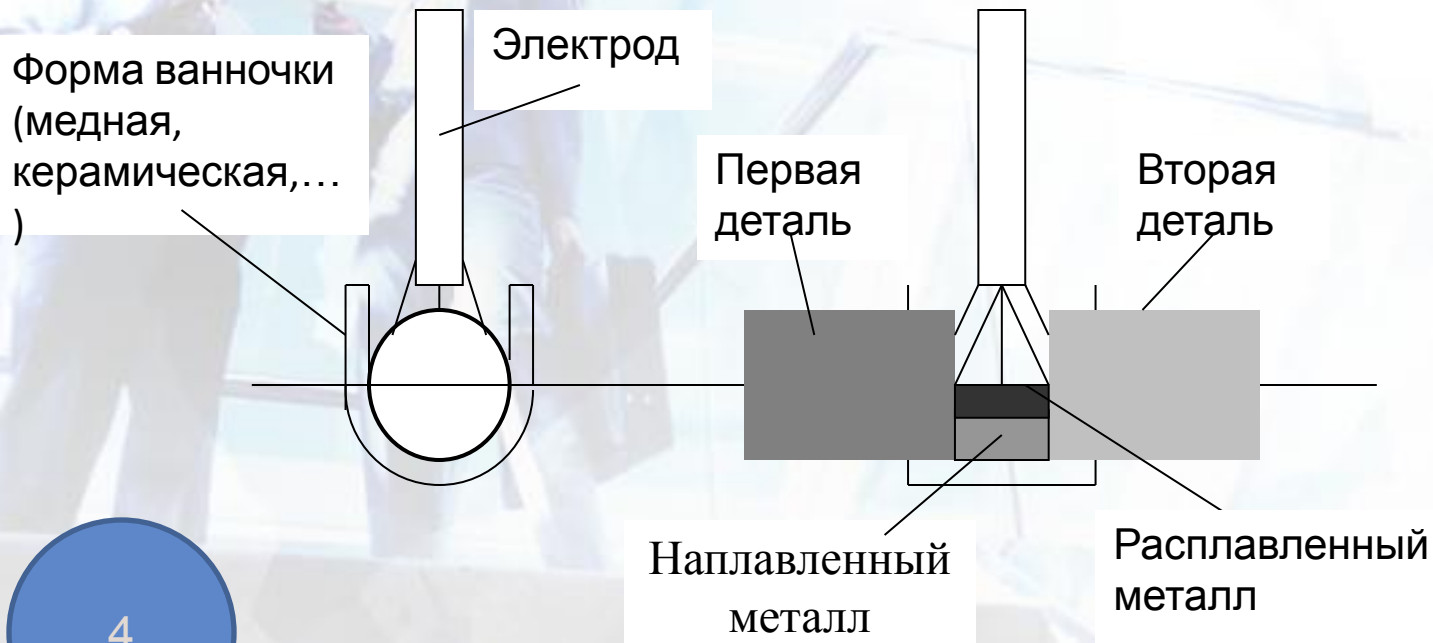


Схема сварки лежачим электродом.

◎ 3. Сварка пучком электродов. Берется несколько электродов, сваривают их концы, при сварке получается дуга, плавающая по электродам.



4

Схема ванной сварки деталей.

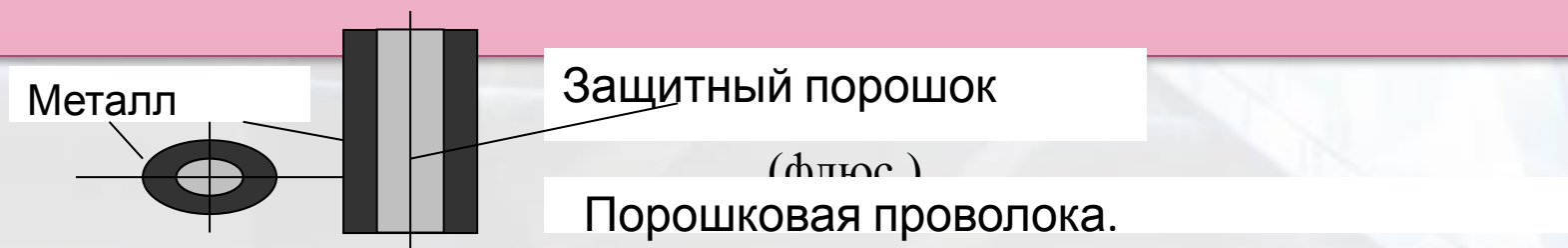
◎ Сварка ванным способом (рис.) . В месте соединения арматурных и других стержней делают ванночку из стальной или медной ленты, либо используют керамическую разъемную форму. Между стыками стержней оставляют зазор около 1,5 диаметра электрода с покрытием; при горении дуги в этом пространстве образуется ванна жидкого металла. Для того, чтобы ванна не успевала остыть, берут толстые электроды или пучок электродов, используют повышенный ток и быстро меняют электроды.

- ◎ 5. Сварка трехфазной дугой (рис).
Используется специальный электрод, состоящий из двух электрически изолированных между собой стержней и покрытых общей обмазкой. К каждому стержню подводится по фазе, а третья — к детали.



Сварка
трехфазной дугой.

- 6. Сварка порошковой проволокой (рис). Наружная оболочка, изготовленная из металла, является проводником электрического тока, а защитное покрытие находится внутри электрода, т.е. размещение их является обратным по сравнению с плавящим электродом. Очень эффективно использовать порошковую проволоку для сварки в среде углекислого газа. Это позволяет применять более высокие плотности тока, уменьшается разбрызгивание металла, улучшаются механические свойства. Сварка порошковой проволокой весьма удобна, т.к. упрощается конструкция сварочного оборудования.



- ◎ Для сварки и наплавки конструкционных сталей применяются следующие типы электродов:
- ◎ для низколегированных сталей -Э-34, Э-38, Э- 42,Э- 42А,Э- 46,Э- 46А;
- ◎ для среднеуглеродистых и низколегированных сталей-Э-50,Э- 50А,Э- 55;
- ◎ для легированных сталей повышенной прочности - Э-60, Э- 60А, Э- 70, Э- 85, Э-100,Э- 125,Э- 145,Э-150.

- Цифра в обозначении типов электродов показывает значение предела прочности разрыву (σ_b) в $\text{кГс} / \text{мм}^2$, а индекс А в конце обозначения - повышенную пластичность материала сварного шва.
- Каждому типу электродов может соответствовать несколько марок. Например, к типу Э-42А относятся электроды марок УОНИ-13/45, ОЗС-2, СМ-11 и др., а к типу Э-46 — электроды АНО-3, АНО-4 и др.

Расчет режимов ручной электродуговой сварки проводится в соответствии с алгоритмом



Алгоритм обоснования режимов ручной электродуговой сварки.

- Сначала выбирается по таблице диаметр электрода $dэ$ в зависимости от толщины h свариваемого металла.

h , мм	0,5	1...2	2...5	5...10	> 10
$dэ$, мм	1,5	2...2,5	2,5...4	4...6	4..8

- Потом определяется сила сварочного тока по формуле:
- $J_n = (20 + 6dэ) dэ$, А,
- а далее находится длина сварочной дуги:
- $L_d = 0,5 (dэ + 2)$, мм,
- и по ней определяется напряжение дуги:
- $U_d = \alpha + \beta L_d$, В.

Газовая сварка и наплавка.

- Источником тепла при газовой сварке является пламя, получаемое при сгорании горючих газов в технически чистом кислороде. В качестве горючих газов применяются ацетилен, природный газ, пропан-бутан, пары бензина и керосина и др. Из-за простоты выполнения сварки и получения высокой температуры пламени чаще всего используется ацетилено-кислородная сварка.

- ◎ Газовая сварка и наплавка уступает электродуговой по следующим позициям.
- ◎ Большая зона теплового влияния приводит к большим деформациям детали при сварке.
- ◎ Расходы на газ выше, чем расходы на электроэнергию.
- ◎ Трудность механизации и автоматизации.
- ◎ Ниже по производительности, т.к. максимальная температура в зоне горения газа (ацетилен) - 3150°C , а в зоне горения электрической дуги - 6000°C .
- ◎ Взрывоопасность горючих газов и кислорода.

◎ **Ацетилено-кислородная сварка** выполняется (рис.) при сгорании ацетилена в кислороде, подаваемом из кислородного баллона, и в кислороде, имеющемся в воздухе.

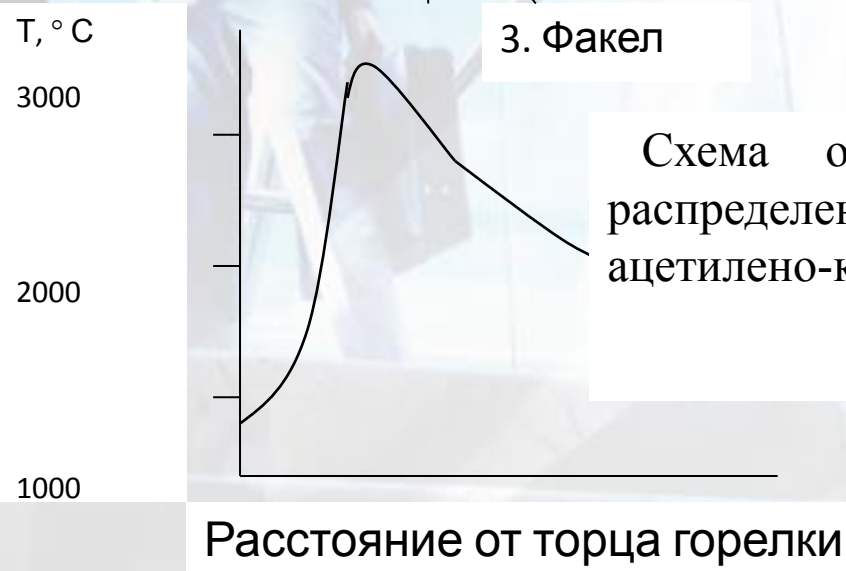
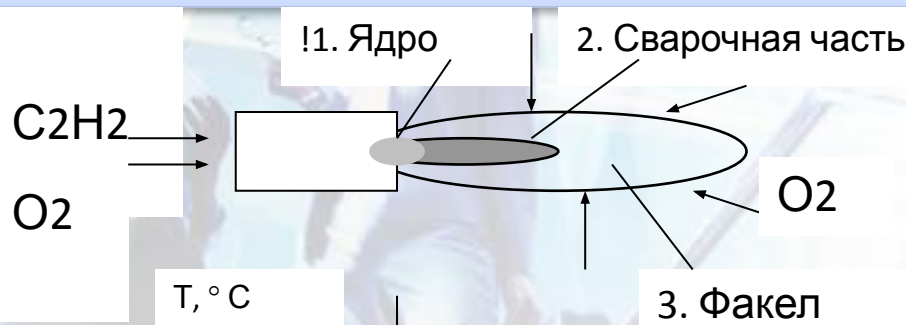
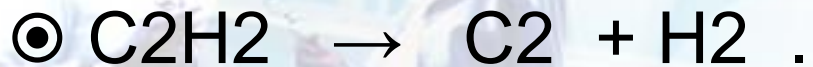


Схема образования пламени и распределения температуры по зонам ацетилено-кислородной сварки.

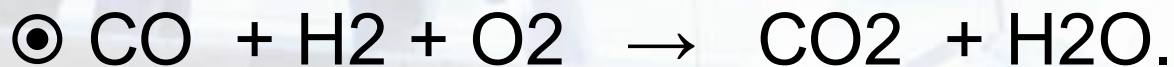
◎ В 1-ой зоне, в так называемом ядре, смесь подогревается до воспламенения и происходит частичный распад молекул ацетилена :



◎ Во 2-ой зоне , называемой сварочной частью, происходит сгорание ацетилена в чистом кислороде, подаваемом из баллона:

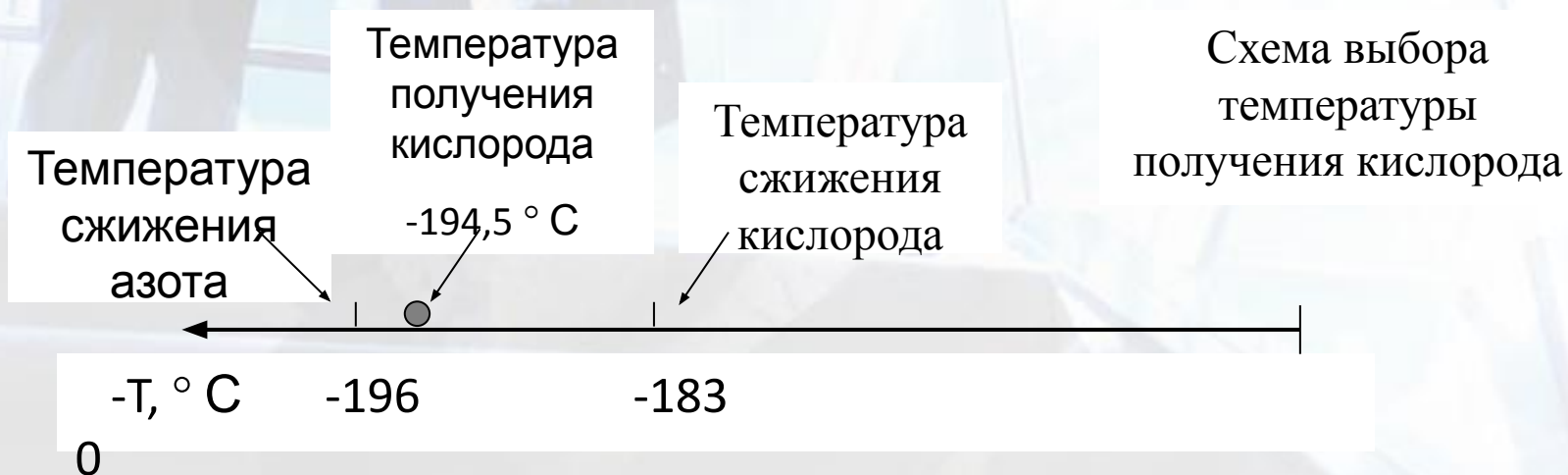


◎ В 3-ей зоне , называемой факелом, догорает ацетилен в кислороде воздуха:



- ◎ В зависимости от подачи кислорода можно получить нормальное, окислительное и науглераживающее пламя. При нормальном пламени горючее сгорает полностью; для этого требуется соотношение кислорода с ацетиленом $2,5 : 1$, причем из баллона поступает $1,1 \dots 1,15$ его часть, а остальной кислород - из воздуха. Окислительное пламя (избыток кислорода) используется для резки металлов и для сварки латунных деталей. Науглераживающее пламя (при избытке ацетилена в газовой смеси) применяется при сварке чугуна, алюминия и малоуглеродистых сталей.

◎ Кислород получают (рис.) методом глубокого охлаждения воздуха до температуры $-194,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этой температуре кислород уже будет в жидком состоянии (температура сжижения его $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$), а азот будет еще в газообразном состоянии, т. к. температура сжижения у него еще ниже ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$).



⊙ **Кислород** хранится в баллонах (голубой или синий цвет окраски) при начальном давлении 15 МПа . Чаще всего используются 40 литровые, а при небольших объемах работ - 5-и и 10-и литровые баллоны. Перед работой на баллон ставят кислородный редуктор, с помощью которого устанавливается и автоматически во время работы поддерживается давление кислорода , подаваемого в газовую горелку (0.2....0,4 МПа) или кислородный резак (1,2...1,4 МПа).

- Масла и жиры в атмосфере кислорода могут **самовзгораться**, поэтому при работе нужно соблюдать особую предосторожность: не допускать на рабочем месте грязных тряпок и замасленной ветоши , работать в не замасленных рукавицах.

◎ Ацетилен C_2H_2 получают взаимодействием карбида кальция CaC_2 с водой:



◎ Из 1 кг технически чистого карбида кальция получается 230...300 литров ацетилена.

- ◎ Ацетиленовые генераторы выполняются по различным схемам:
- ◎ 1. «Карбид в воду» - карбид кальция из бункера в зависимости от давления ацетилена периодически поступает через питатель в воду. Эти генераторы наиболее производительны и наименее взрывоопасны.
- ◎ 2. «Вода на карбид» - в реторту с карбидом кальция подается вода в зависимости от давления ацетилена. Эти генераторы небольшой производительности, переносные, низкого давления.
- ◎ 3. «Погружением» и «вытеснением» - в зависимости от давления ацетилена в первом случае при превышении давления из воды поднимается корзина с карбидом кальция, а во втором – вода вытесняется от карбида кальция в соответствующий сосуд. Это тоже небольшой производительности и переносные генераторы.
- ◎ 4. Комбинированные схемы.

- ◎ Для предохранения ацетиленовых генераторов от взрыва при обратном ударе пламени используются предохранительные водяные затворы.
- ◎ По давлению ацетиленовые генераторы делятся на:
 - ◎ -низкого давления (0,001...0,01 МПа);
 - ◎ -среднего давления (0,01...0,15 МПа);
 - ◎ -высокого давления ($> 0,15$ МПа).

◎ Ацетилен в сжатом состоянии (3,5 МПа) может храниться в 40, 10 и 5-и литровых баллонах (белый цвет окраски). Так как ацетилен взрыво- и пожароопасен, то необходимы специальные меры хранения его. Ацетилен очень хорошо растворяется в ацетоне(23:1) и в растворимом состоянии не взрывается при давлении до 1,6 МПа, а при наличии в баллоне пористой массы (активированный уголь, пемза,...) не взрываются при очень высоких давлениях (свыше 16 МПа).

◎ Очень эффективным является использование в баллонах литой пористой массы (ЛПМ). Кроме повышенной взрывоопасности 40-литровые баллоны с массой ЛПМ вбирают до 7,4 кг ацетиленна, а с активированным углем – только 5 кг.

◎ По принципу смешивания газов сварочные горелки могут быть: **инжекторные и безынжекторные**. В инжекторных горелках кислород под давлением 0,2...0,4 МПа через регулировочный вентиль подается в инжектор, через продольные пазы которого подсасывается ацетилен, расход которого также регулируется вентилем. У горелок имеется до 9 сменных наконечников, позволяющих сваривать металлические детали различной толщины.

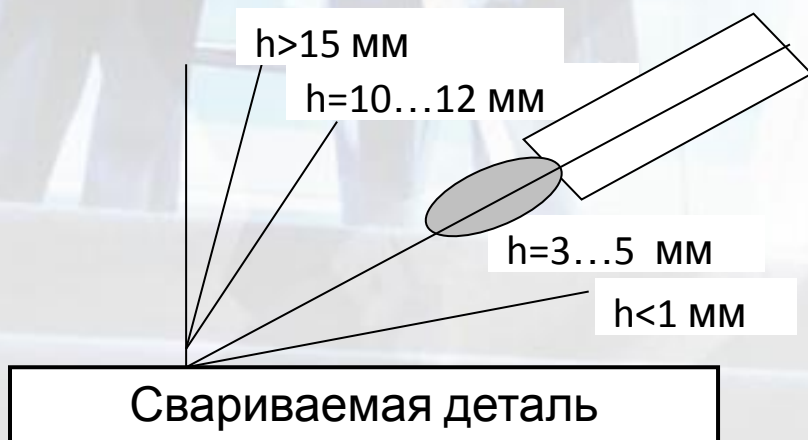
◎ Чем больше номер наконечника, тем больше диаметр проходного сечения горелки и, следовательно, будет больше расход газа, поэтому можно сваривать детали большей толщины. В зависимости от толщины детали выбирается диапазон расхода газа (номер горелки), а в процессе сварки вращением ацетиленового вентиля горелки более точно подбирается оптимальная мощность горения, а вентилем подачи кислорода - необходимый вид пламени (нейтральное, окислительное или восстановительное).

◎ В безынжекторных горелках горючий газ и кислород подаются под одинаковым давлением (0,05...0,1 МПа) в смесительную камеру, выходят из мундштука и сгорают. Эти горелки менее универсальны, сложны в регулировании процесса и используются для сварки очень тонкого материала.

Технология газовой сварки.

- Диаметр присадочной проволоки d выбирается в соответствии с толщиной свариваемого металла h :
- $d = h/2 + 1$, мм.
- Мощность горелки подбирается в зависимости от толщины h свариваемых деталей и теплопроводности k материала. Часовой расход ацетилена A находится по формуле:
 - $A = k h$, л/ч,
 - где h - толщина детали в мм;

◎ k - коэффициент удельного расхода ацетилена в литрах за времени сварки (час) на единицу толщины детали, л/ч х мм ($k=100\dots120$ л/ч х мм -стальные детали; $k=110\dots140$ л/ч х мм -чугунные детали ; $k=60\dots100$ л/ч х мм -алюминиевые детали).



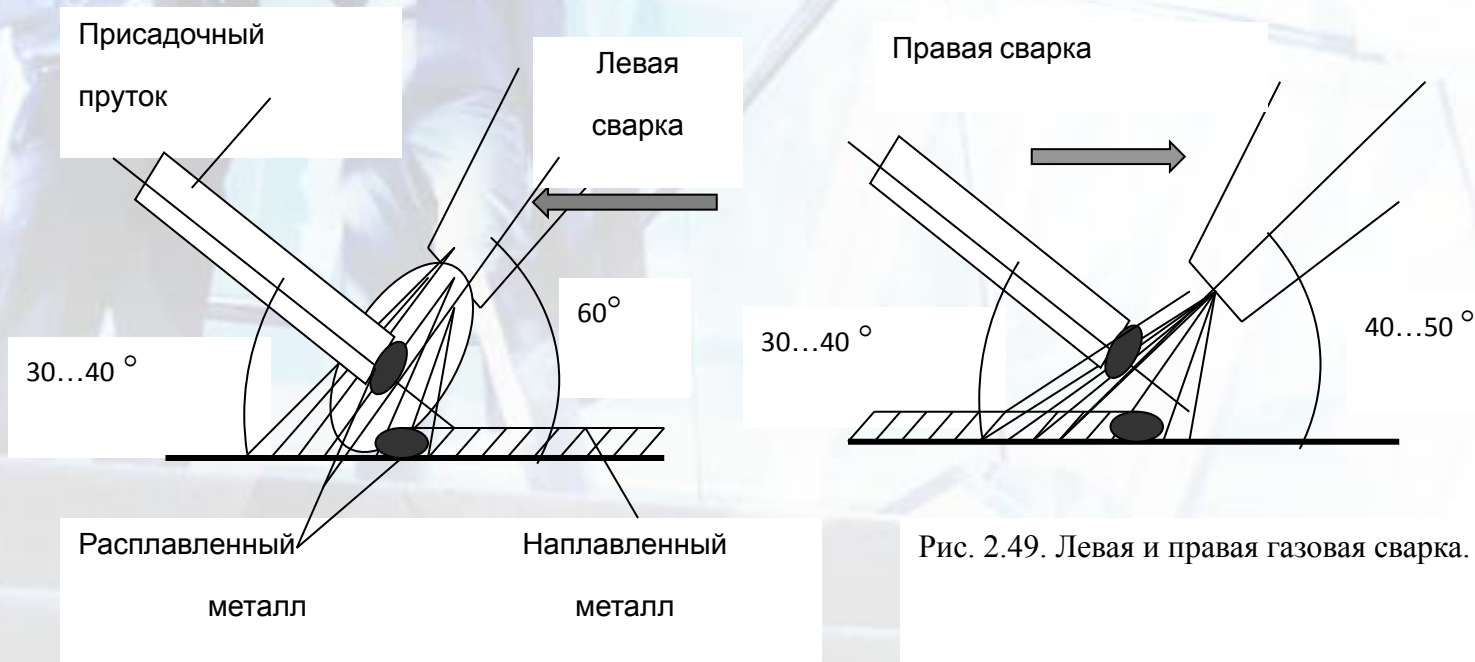
Изменение углов наклона горелки в зависимости от толщины свариваемой детали.

◎ При увеличении толщины свариваемого металла надо обеспечить большую концентрацию тепловой энергии и, следовательно, больший угол наклона горелки (рис.) к поверхности свариваемой детали.

**По часовому расходу газа подбирается (табл) номер
наконечника газовой горелки.**

Номер горелки	Часовой расход топлива, л/ч	Номер горелки	Часовой расход топлива, л/ч
0	20...65	5	660...1100
1	50...125	6	1700...2800
2	120...240	7	1700...2800
3	230...400	8	3100...5000
4	400...700	9	5000...8000

- При $h < 3$ мм используется левая (рис.) сварка (горелка движется справа налево \Leftarrow Этот способ используется для тонколистового материала; обеспечивается хороший внешний вид сварного шва, т. к. пламя не препятствует



◎ При $h > 5$ мм используется правая (рис. 2.49) сварка (горелка движется слева направо \Rightarrow впереди присадочной проволоки). При этой сварке обеспечивается глубокое проплавление и высокая производительность, качественный шов из-за лучшей защиты расплавленного металла пламенем горючего газа и медленного остывания сварного шва, малая величина зоны термического влияния и меньшие деформации изделия .

Резка металлов.

- ◎ При изготовлении строительных конструкций, при монтажных работах и ремонте машин необходимо разрезать сортовой прокат , элементы конструкций, детали машин. Используются следующие способы резки .

◎ **Механические:**

- ◎ ручные (ножовка, ножницы по металлу, зубило ...);
- ◎ механизированные (фреза, резец, сверло, механическая ножовка, штамп, отрезной круг, механические ножницы-«гильотины», ...).
- ◎ Электродуговая резка.
- ◎ Газовая (кислородная) резка.
- ◎ Плазменная резка.

◎ Ручные способы резки металлов применяются в основном в бытовых условиях. При небольших объемах работ эффективно использование отрезных (бакелитовых и др.) кругов: шов получается ровный, нет деформаций металла, но относительно низкая производительность процесса и требуются повышенные меры безопасности при резке металлов.

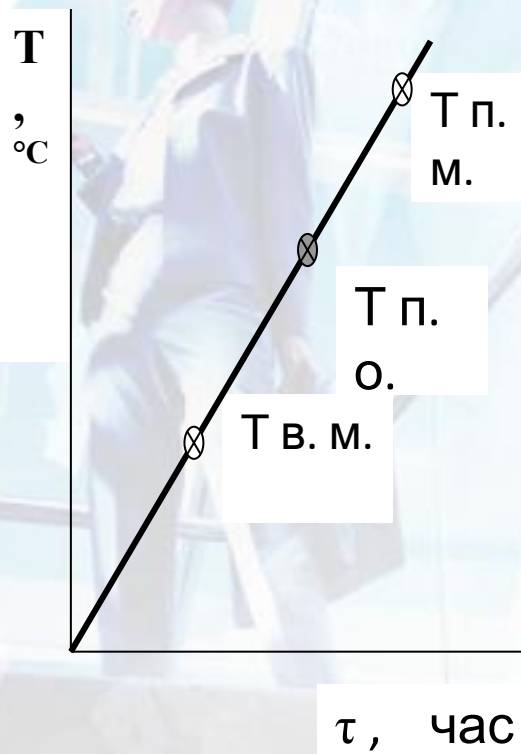
◎ При резке в условиях строительной площадки, при монтаже и демонтаже конструкций наиболее эффективна кислородная резка. На машиностроительных заводах и заводах строительных конструкций применяются в основном штампы для листовой штамповки металла и «гильотины» для разделки проката (листов, круга, шестигранника, швеллера,...).

◎ Использование электродуговой резки не рационально, т.к. процесс резки малопроизводителен и получается плохое качество реза, поэтому во многих случаях необходима последующая механическая обработка реза. Следовательно, электродуговую резку можно использовать при малых объемах работ, когда одновременно проводится изготовление конструкции и подготовка элементов для сварки, т. е. в случаях организационных трудностей применения более эффективной резки параллельно с электродуговой сваркой.

- ◎ Газовой резкой называют процесс сжигания металла в струе кислорода и удаление этой струей образовавшихся окислов.
- ◎ Чаще всего используется кислородно-ацетиленовая резка. Процесс идет в следующей последовательности.
- ◎ 1. Металл сначала нагревается до температуры вспышки его в атмосфере кислорода с выделением тепла Q:
- ◎ $C_2H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + Q;$
- ◎ Подается струя режущего кислорода, образуются окислы металлов и выделяется при окислении металла тепло:
- ◎ $Fe + O_2 \rightarrow FeO - Q;$
- ◎ 3. Окислы металлов плавятся и выдуваются струей кислорода

◎ На плавление окислов (пункт 3)
затрачивается тепло Q , но одновременно
с плавлением происходит образование
окислов (пункт 2), сопровождаемое
выделением тепла Q , поэтому процесс
резки поддерживается непрерывно.

- ◎ Ацетилен при нормальной резке необходим только для воспламенения металла (пункт 1. Доведение температуры его до температуры вспышки). После начала резки открывают вентиль подачи режущего кислорода и закрывают вентили подачи ацетилена и кислорода подогревающего пламени.
- ◎ Процесс кислородной резки металла получается более экономичным по сравнению с процессом плавления металла, т.к. температура плавления окислов ниже температуры плавления металла.



Схема,
показывающая
возможность
кислородной резки
металла (сплава).

- ◎ Не все металлы можно разрезать кислородной резкой, а только в случаях, когда выдерживаются, указанные на рис. и ниже, условия:
- ◎ 1. **Температура плавления металлов** $T_{п.м.}$ должна быть выше температуры воспламенения $T_{в.м.}$ их в атмосфере кислорода.
- ◎ **Пленка образовавшихся окислов** не должна препятствовать дальнейшему окислению металла.
- ◎ **Количество выделяющейся теплоты** должно быть достаточным для поддержания процесса резки.
- ◎ **Не должна быть высокая теплопроводность** металла, чтобы не прерывался процесс.
- ◎ **Образовавшиеся окислы** должны легко выдуваться кислородной струёй.

◎ Из этих условий следует, что *легко режется технически чистое железо и малоуглеродистая сталь*. При содержании углерода более 0,7% процесс резки затруднен, т.к. у этих сплавов температура воспламенения металла достигает значений температуры его плавления. Также трудно режется легированная сталь, содержащая более 5% легирующих элементов.

- ◎ Возможность резки легированной стали можно определить по следующей эмпирической формуле:
- ◎
$$C_{экв} = C + 0,15 (Cr + Mo) + 0,14(Mn + V) + 0,11 Si + 0,045(Ni + Cu) < 0,54$$
 ,
- ◎ в которой указано содержание химических элементов в сотых долях %.
- ◎ В случае превышения значений $C_{экв}$ значениям, указанным в таблице , необходимы дополнительные технологические мероприятия , направленные на соответствующее обеспечение температурного режима сварки.

Технологические особенности кислородной резки высокоуглеродистых и легированных сталей .

Значение Сэкв	Технологические особенности процесса резки
до 150 °С. 0,54...0,7	менее 0,54 Без технологических ограничений, зимой для сложных контуров подогрев
250 °С,	Предварительный или сопутствующий подогрев до 150... охлаждение на воздухе.
0,7...0,94	Предварительный или сопутствующий подогрев до 150... 250 °С, охлаждение на воздухе.
более 0,94	Предварительный подогрев до 250...300 °С, медленное охлаждение после резки
	Предварительный подогрев до 350 °С, последующее медленное охлаждение в печи.

Чугуны, высокохромистые стали, медные и алюминиевые сплавы не поддаются нормальному процессу кислородной резки по ряду причин

Наименование сплавов	Основные причины затрудненной резки
Чугуны	Высокая температура воспламенения сплава
Хромистоникелевые и хромистые стали	Высокая температура плавления окислов (тугоплавкие пленки)
Алюминиевые сплавы	Очень высокая температура плавления окисла Al_2O_3
Медные сплавы	Из-за высокой теплопроводности сплавов большие потери тепла, а оставшегося тепла недостаточно для обеспечения процесса резки

Применяются три способа кислородной резки металлов :

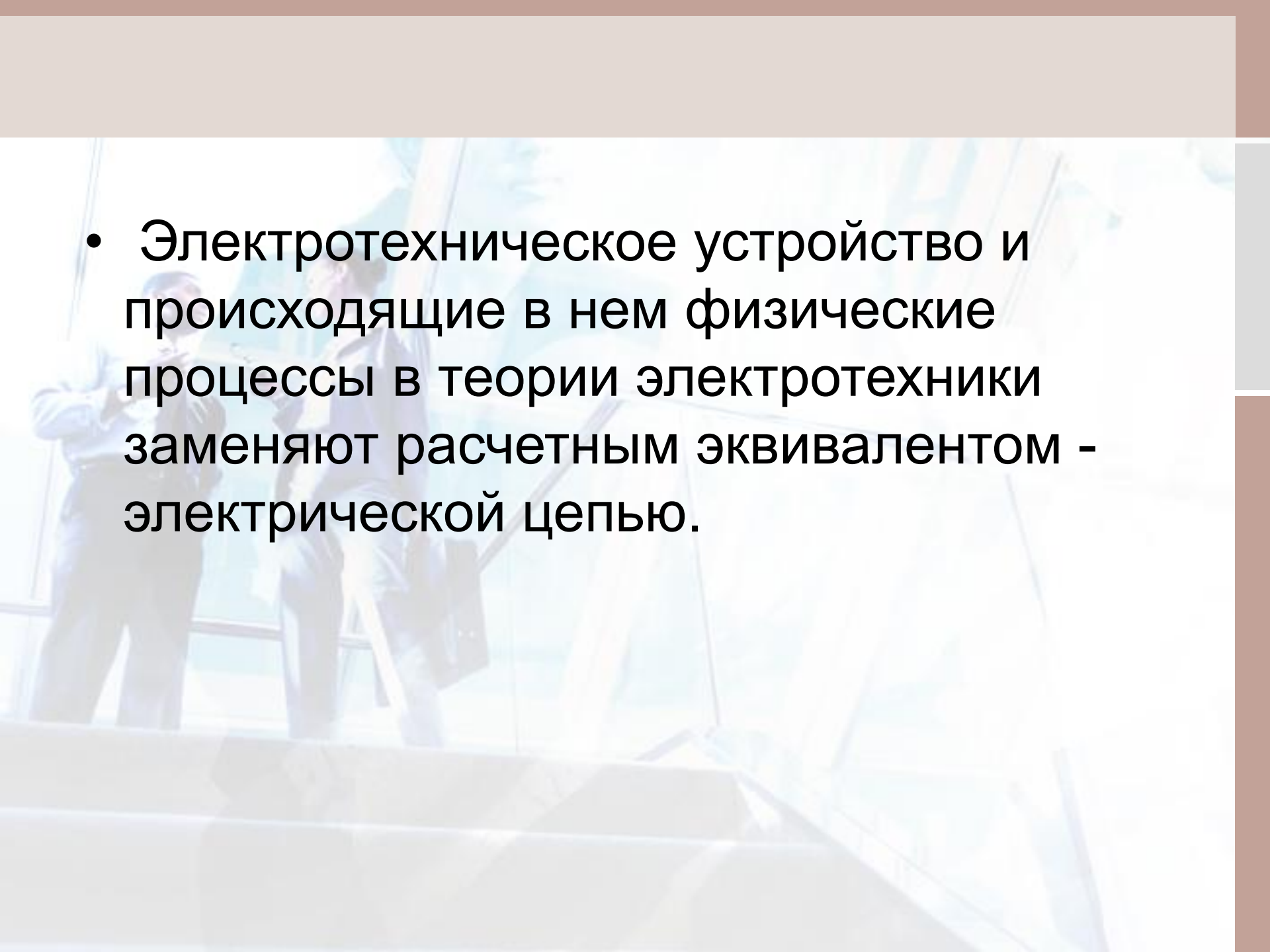
- ◎ 1. Разделительная получение сквозных резов при раскрое листов, вырезка заготовок из сортового проката, фланцев и т.д. На нижней части шва образуется «грат»-приваренные окислы, шлаки. Безгратовая резка получается при использовании кислорода высокой (0,995) степени очистки.
- ◎ 2. Поверхностная грубая стружка или обточка металла при разделке металла под сварные швы, получение канавок и пр. Струя газа направляется под углом 10...30 ° к поверхности.
- ◎ 3. Резка кислородным копьем - получение отверстий в металле.

- ◎ Резка может выполняться вручную и машинным способом.
- ◎ Наконечник газового резака образует прямой угол со стволом (у газовой горелки направлен под острым углом,), в мундштуке центральное отверстие служит для подачи режущего кислорода
- ◎ В полуавтоматах перемещение резака выполняется автоматически. Используются для этого копиры, магнитные контуры, фотоэлектронное копирование контура и др. Имеются современные комплексы с программным управлением и оптимизацией процесса разметки и резки металла.

A photograph of two business professionals, a man and a woman, standing in a modern office with large windows. The man is on the left, wearing a light blue shirt and dark trousers, holding a tablet. The woman is on the right, wearing a light-colored jacket and dark trousers, also holding a tablet. They appear to be in a discussion. The background shows a bright, modern office interior with large windows and architectural details. The text 'электротехника' is overlaid in a large, bold, black font, slanted downwards from left to right.

электротехника

- Электротехника - область науки и техники, использующей электрическое и магнитное явления для практических целей. История развития этой науки занимает два столетия. Она началась после изобретения первого электрохимического источника электрической энергии в 1799 г. Именно тогда началось изучение свойств электрического тока, были установлены основные законы электрических цепей, электрические и магнитные явления стали использоваться для практических целей, были разработаны первые конструкции электрических машин и приборов.

- 
- A blurred background image showing several people in a meeting or office setting. The image is faded and serves as a backdrop for the text.
- **Электротехническое устройство и происходящие в нем физические процессы в теории электротехники заменяют расчетным эквивалентом - электрической цепью.**

- **Электрическая цепь** - это совокупность соединенных друг с другом проводниками источников электрической энергии и нагрузок, по которым может протекать электрический ток. Электромагнитные процессы в электрической цепи можно описать с помощью понятий ток, напряжение, ЭДС, сопротивление, проводимость, индуктивность, емкость.

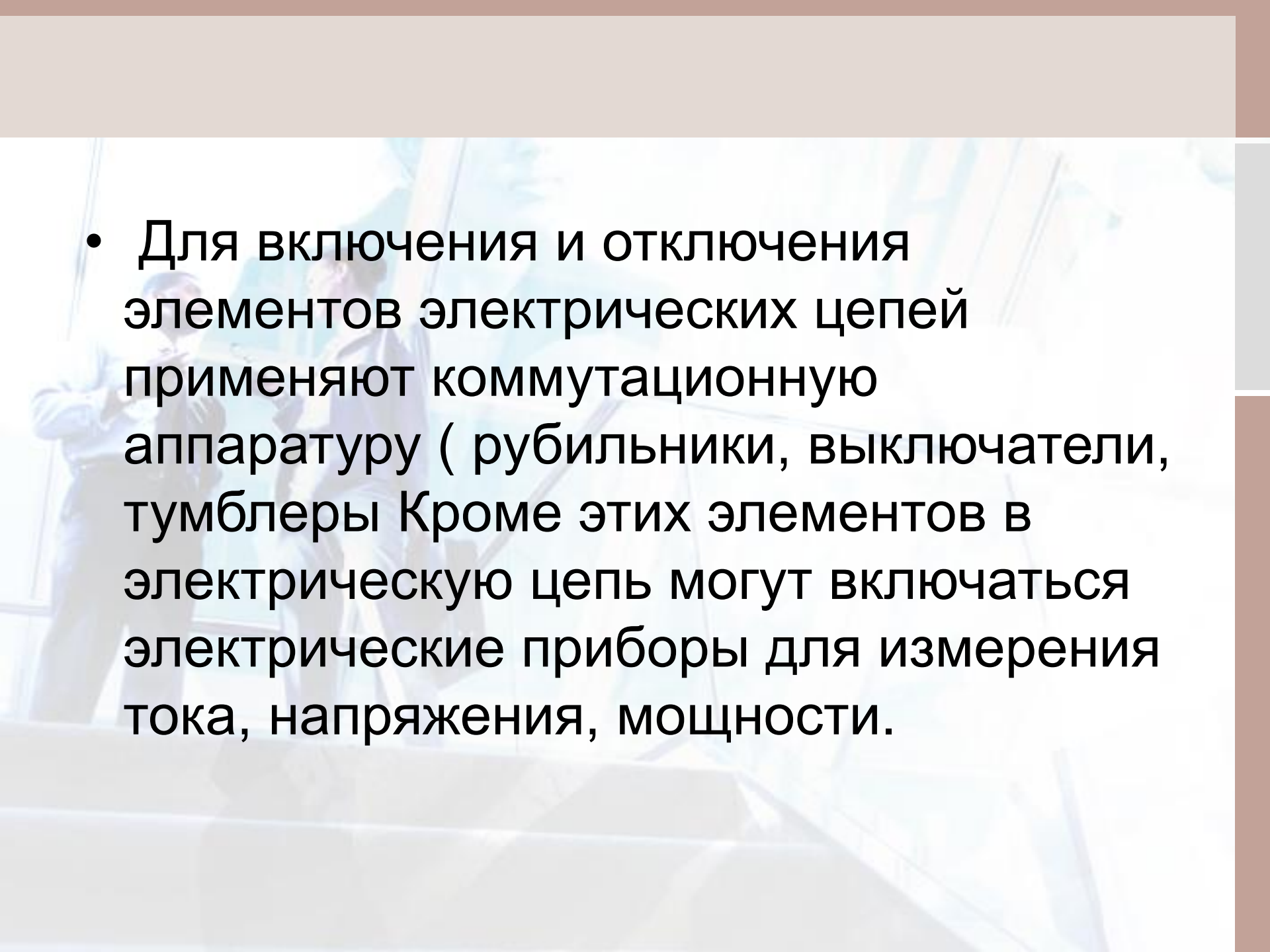
- **Электрический ток может быть постоянным и переменным.**

Постоянным называют ток, неизменный во времени. Он представляет направленное упорядоченное движение носителей электрического заряда. Как известно из курса физики, носителями зарядов в металлах являются электроны, в полупроводниках электроны и дырки (ионы), в жидкостях - ионы.

- 
- Упорядоченное движение носителей зарядов в проводниках вызывается электрическим полем.
 - Поле создается источниками электрической энергии. Источник преобразует химическую, механическую, кинематическую, световую или другую энергию в электрическую.

- Он характеризуется ЭДС и внутренним сопротивлением. ЭДС источника м.б. постоянной или переменной во времени. Переменная ЭДС может изменяться во времени по любому физически реализуемому закону. Ток, протекающий по цепи под воздействием переменной ЭДС также переменный.

- Постоянный ток принято обозначать буквой I ,
- переменный $i(t)$;
- постоянную ЭДС - E ,
- переменную $e(t)$,
- сопротивление - R ,
- проводимость - g .
- В международной системе единиц (СИ) ток измеряют в амперах (А),
- ЭДС - в вольтах (В),
- сопротивление в омах (Ом),
- проводимость - в сименсах (См).

- 
- Для включения и отключения элементов электрических цепей применяют коммутационную аппаратуру (рубильники, выключатели, тумблеры Кроме этих элементов в электрическую цепь могут включаться электрические приборы для измерения тока, напряжения, мощности.

- **Зависимость тока**, протекающего по сопротивлению, от напряжения на этом сопротивлении принято называть вольтамперной характеристикой.
- **Приемники электрической энергии**, вольтамперные характеристики которых являются прямыми линиями, называются линейными, а электрические цепи только с линейными элементами - линейными электрическими цепями.
- **Электрические цепи** с нелинейными элементами называются нелинейными электрическими цепями.

- Одной из основных характеристик источников электрической энергии является ЭДС. Количественно ЭДС характеризуется работой A , которая **Источники электрической энергии.**
- совершается при перемещении заряда в 1 Кл в пределах источника

$$E = \frac{A}{Q} [B]$$

Графически ЭДС изображают стрелкой в кружке. Направление стрелки совпадает с направлением ЭДС.

- Перемещение заряда определяет ток источника. Прохождение тока сопровождается потерями на нагрев источника. Количественно потери удобно определять внутренним сопротивлением $R_{вн}$. Поэтому условное графическое обозначение источника ЭДС представляет последовательное включение ЭДС E и внутреннего сопротивления $R_{вн}$.

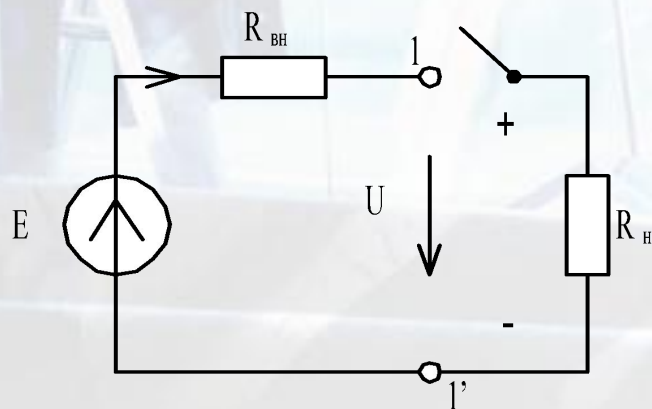


Рис.1.4

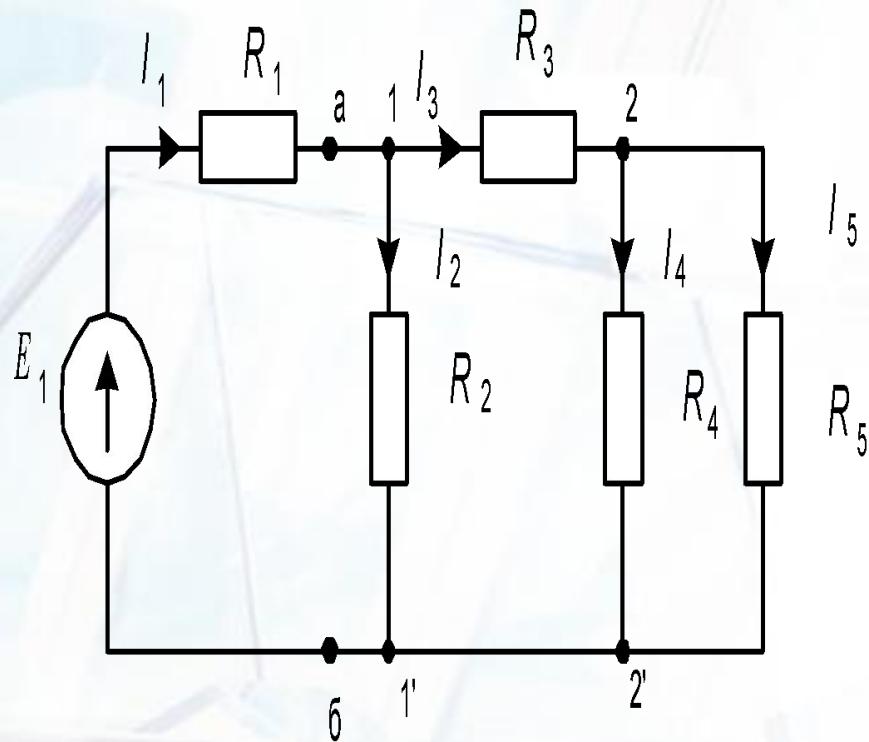
Приемники электрической энергии

- Приемники электрической энергии делятся на пассивные и активные.
- Пассивными называют приемники в которых не возникает ЭДС. Вольтамперные характеристики пассивных приемников проходят через начало координат. При отсутствия напряжения ток этих элементов равен нулю. Основной характеристикой пассивных элементов является сопротивление.

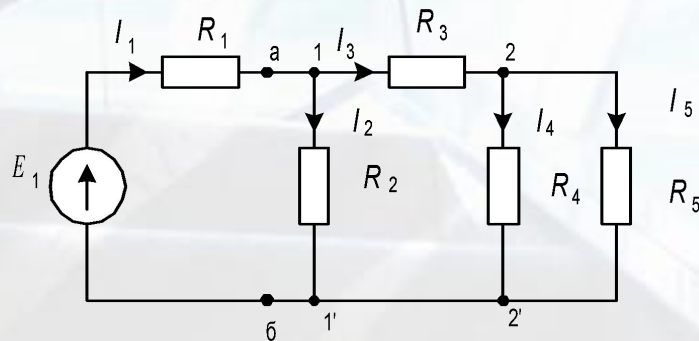
- Пассивные элементы, сопротивление которых не зависит от приложенного напряжения называются линейными. Реально таких элементов не существует. Но весьма близки к ним резисторы, реостаты, лампы накаливания и др. Зависимость напряжения от тока в таких элементах определяется законом Ома, т. е. $U = IR$, где R - сопротивление элемента. Эта зависимость не меняется, если напряжение и ток - переменное.

Основные топологические понятия и определения

- Ветвью называют участок электрической цепи с одним и тем же током. Она может состоять из одного или нескольких последовательно включенных элементов. Так схема цепи состоит из пяти ветвей.

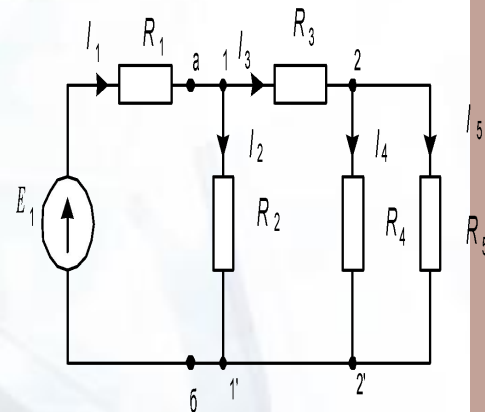


- Узлом называют место соединения трех и более ветвей. Узел обозначается на схеме точкой. Узлы, имеющие равные потенциалы, объединяются в один потенциальный узел. На схеме рис. узлы 1' и 2' могут быть объединены в один потенциальный узел. Поэтому схема имеет три потенциальных узла.

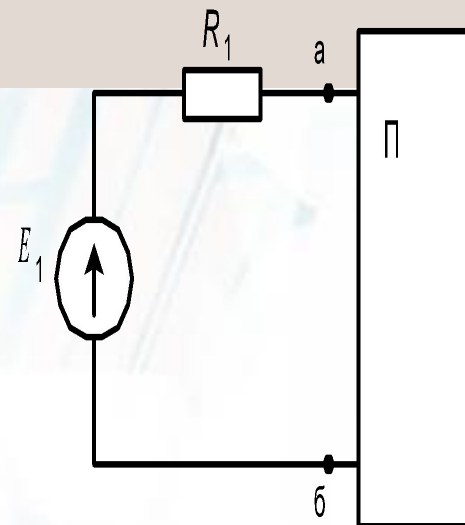


- Контуром называют замкнутый путь, проходящий через несколько ветвей и узлов электрической цепи. Для схемы рис. один из контуров включает позиции 2; R_5 ; 2'; R_4 . Независимым называется контур, в состав которого входит хотя бы одна ветвь, не принадлежащая соседним контурам.

- Так схема рис содержит три
- независимых контура.



- Двухполюсником называют часть электрической цепи с двумя выделенными зажимами - полюсами. Двухполюсник обозначают прямоугольником с индексами А или П. А - активный двухполюсник, в составе которого есть источники ЭДС. П - пассивный двухполюсник. Например, часть схемы рис.1.7 с зажимами а и б может быть представлена двухполюсником (рис.1.8)



Закон Ома и Кирхгофа

- Все электрические цепи подчиняются законам Ома и Кирхгофа. Краткая информация об этих законах заключается в следующем.
- Закон Ома для участка цепи без ЭДС устанавливает связь между током и напряжением на этом участке
- $I = \frac{U}{R}$ или $U = I \cdot R$

- Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС позволяет найти ток этого участка

$$I = \frac{U_{ab} \pm E}{R}$$

здесь а, б - крайние точки участка; E - значение ЭДС.

В (1.) знак «плюс» ставится при совпадении тока, протекающего по участку, с направлением ЭДС.

Первый закон Кирхгофа имеет две формулировки.

- Сумма токов протекающих через любой узел равна нулю.
- Сумма токов втекающих в узел равна сумме токов вытекающих из него.

- **Второй закон Кирхгофа:**

- Алгебраическая сумма падений напряжения в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС вдоль этого контура, т.е.

- $$\sum IR = \sum E.$$

- В каждую из сумм слагаемые входят со знаком «плюс», если они совпадают с направлением обхода.

-

- **-генераторы** синусоидального тока значительно дешевле в производстве, чем генераторы постоянного тока;
- **-переменный** ток легко преобразуется в постоянный;
- **-трансформация** и передача электрической энергии переменным током экономичнее чем постоянным;
- **-двигатели** переменного тока имеют простую конструкцию, высокую надежность и невысокую стоимость.

СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ТОК. ФОРМЫ ЕГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ.

- Переменным называют ток (напряжение, ЭДС), изменяющийся во времени по величине и направлению. Синусоидальный ток может быть представлен посредством действительной функции времени - синусной и косинусной, например

$$i(t) = I_m * \sin(\omega t + \varphi_i)$$

- где I_m - максимальная амплитуда тока (амплитудное значение);
- ω - угловая частота, причем
- f - частота колебаний [Гц];
- T - период [С];
- ϕ_i - начальная фаза, определяет значение тока в момент времени $t=0$, т. е. $i(t=0) = I_m \cdot \sin \phi_i$.

- Начальная фаза часто задается в градусах. Поэтому при определении мгновенного значения тока аргумент синуса (слагаемые ωt и ϕ) нужно привести к одной единице измерения (рад. или градус).



- Промышленная частота переменного тока в России и всех странах Европы равна 50 Гц, в США и Японии - 60 Гц, в авиации - 400 Гц. Снижение частоты ниже 50 Гц ухудшает качество освещения. Увеличение частоты ухудшает условия передачи электроэнергии на большие расстояния.
- Выражение для синусоидального напряжения аналогично (2.1), т.е.
- $$u(t) = U_m \cdot \sin (\omega t + \phi_u) \quad (2.2)$$

Комплексное сопротивление

- Введение комплексного представления токов и напряжений требует определить и сопротивление элементов электрических цепей в комплексной форме - Z .
- Хорошо известно, что сопротивление резистора определяется как отношение напряжения на резисторе к току, протекающему через него. Если напряжение и ток представлены в комплексной форме, комплексное сопротивление резистора выражается только действительным числом. Оно не вносит фазовых искажений между токами и напряжением. Чтобы подчеркнуть этот факт такое сопротивление часто называют активным.









