

Нижегородский колледж теплоснабжения и  
автоматических систем управления

**Свариваемые материалы**  
**Конструкторская и производственно-**  
**технологическая документация**  
*(Проф. стандарт Сварщик)*

Преподаватель Пирогов В.И.

Нижний Новгород  
2020 год

# Основные группы материалов подвергаемые сварке и резке

- **Углеродистые стали** (конструкционные и инструментальные)
- **Чугуны** (белый, серый, высокопрочный, ковкий)
- **Легированные стали** (конструкционные, инструментальные)
- **Медь и ее сплавы** (медь, бронза, латунь)
- **Алюминий и его сплавы** (алюминий, дюралюмины, силумины)
- **Титан и его сплавы**

# Строение и свойства металлов

## Классификация металлов:

- **черные металлы**: железо, сталь, чугун;
- **цветные металлы**: **легкие** (алюминий, магний, бериллий, и их сплавы), **тяжелые** (медь, свинец, ртуть, цинк, олово и их сплавы), **благородные** (золото, серебро, платина), **тугоплавкие** (титан, вольфрам, молибден, ванадий, ниобий), **реакторные** (уран, плутоний, цирконий).

## Свойства металлов:

- **конструкционные** (прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость и др.)
- **Технологические** (обрабатываемость резанием, штамповкой, литье)
- **стоимостные**: Относительные цены разных металлов. Стоимость железа принята за 1. Fe - 1 ; W – 120 ; Pb - 2,5 ; Mo – 170; Zn - 3 ; Ti – 100; Mn, Al, Mg, Cu – 10; Ta - 1500 Ni, Cr - (20 □ 25); Nb – 80; Co - 35 ; Au - 11000

# Строение и свойства металлов

## Полиморфизм (аллотропия) металлов

Это свойство некоторых металлов при различных температурах (и давлениях) образовывать различные типы кристаллических решеток. Свойство присуще железу, олову, кобальту, марганцу и др.

Аллотропические модификации обозначаются буквами греческого алфавита  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

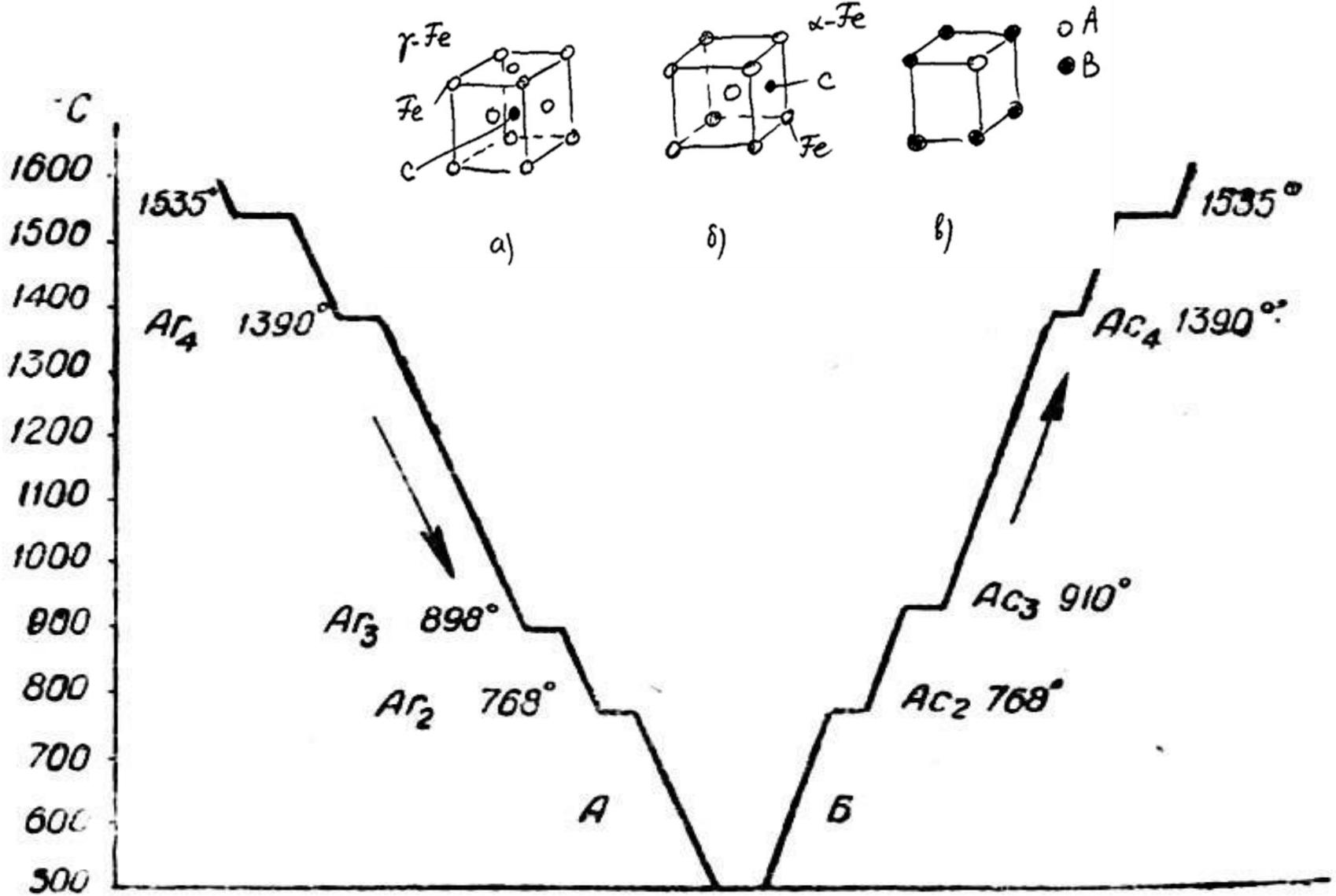
Пример: чистое железо имеет следующие полиморфные модификации

до  $t \leq 910^\circ\text{C}$  гр - ОЦК -  $\alpha$  - Fe;

до  $t \geq 910-1400^\circ\text{C}$  гр-ГЦК -  $\gamma$  - Fe;

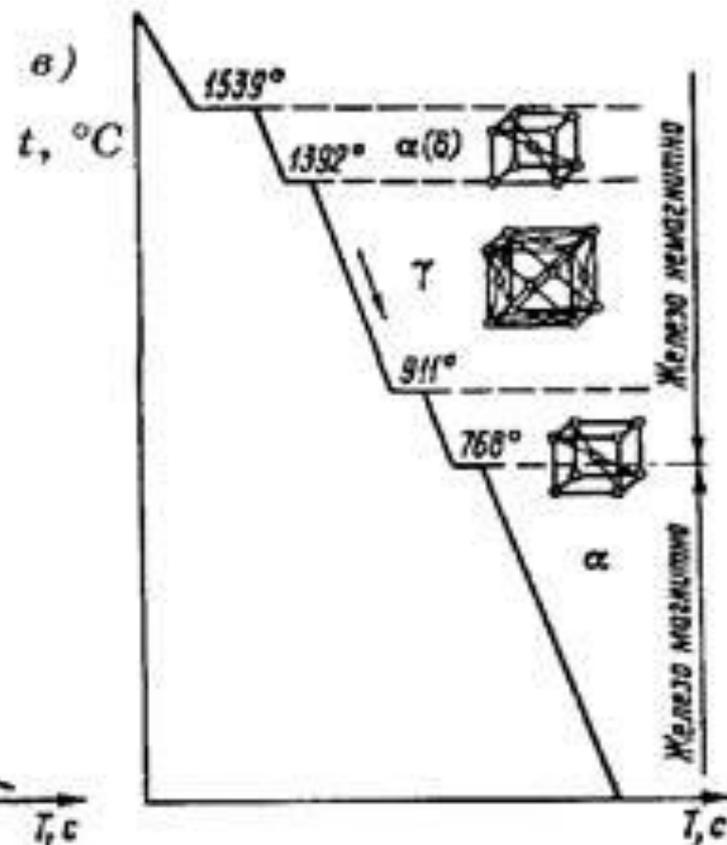
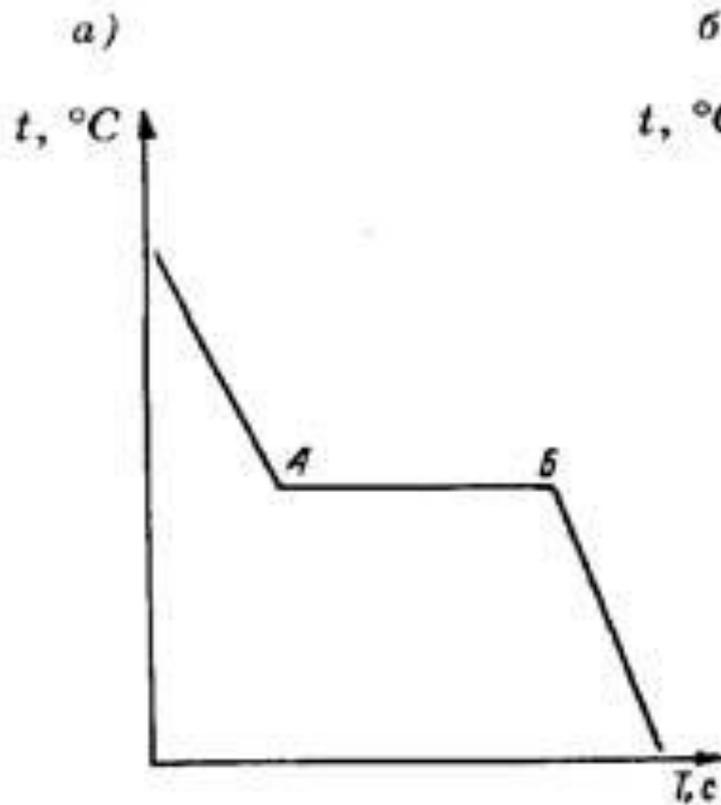
При  $t = 768^\circ\text{C}$  – исчезают магнитные свойства

# Кривые нагрева и охлаждения чистого Fe



# ИЗМЕНЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

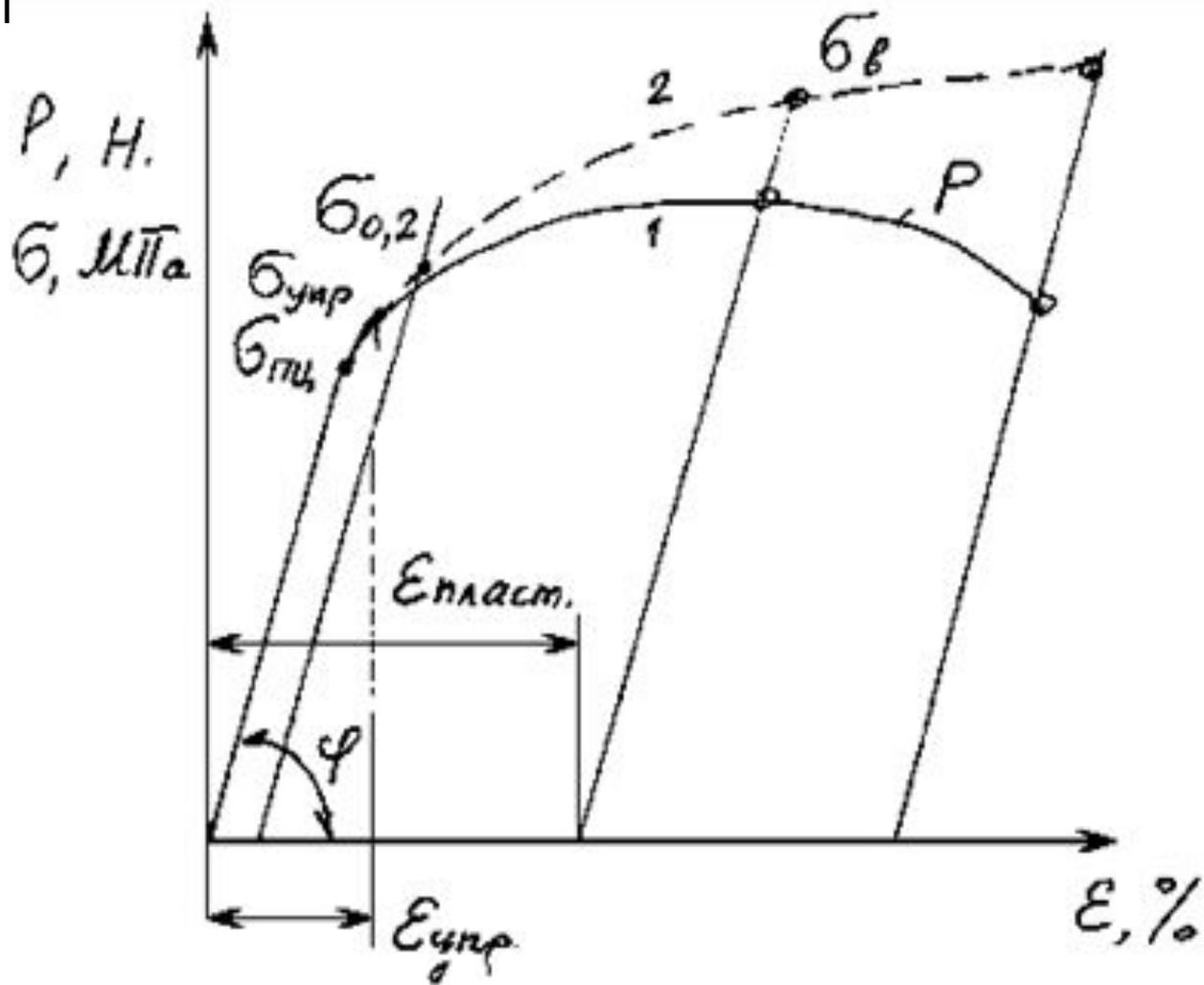
(При охлаждении)



# Механические свойства металлов и сплавов

(При стат

1. Прочность
2. Текучесть
3. Упругость
4. Пластичность
5. Твердость



# Характеристики механических свойств ( При испытании на растяжение)

**ПРЕДЕЛ  
ПРОЧНОСТИ**

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

**ПЛАСТИЧНОСТЬ**  
(ОТНОСИТЕЛЬНОЕ  
УДЛ.)

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} 100\%$$

**ТЕКУЧЕСТЬ**

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

# ТВЕРДОСТЬ

- метод Бринелля (вдавливание шарика) – HB;
- метод Роквелла (вдавливание алмазного конуса) – HRC;
- метод Виккерса (вдавливание алмазной пирамиды) – HV;
- метод микротвердости (для оценки твердости отдельных фаз).

В обозначении твердости первая буква H - Hard – твердость, вторая и третья буквы означают метод испытания Бринелля и соответственно Роквелла и Виккерса.

# Метод Бринелля

- Основан на вдавливании стального шарика в зачищенную поверхность металла под определенной нагрузкой. В зависимости от испытываемого материала применяют шарики  $D=2,55$  и  $10$  мм.
- Нагрузки  $P=3000, 1000, 750, 250, 187, 5$  кг.

$$\sigma_B \approx 0,36 \cdot HB \quad HB = \frac{P}{F} \text{ или } HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d})}, \text{ МПа}$$

# Метод Роквелла

- основан на вдавливании алмазного конуса или стального шарика в испытываемый материал.

Вдавливание алмазного конуса (с углом при вершине  $120^\circ$  (для материалов с очень высокой твердостью). Алмазный конус применяется для твердых материалов, например закаленных сталей. Пример обозначения:  $61,5 \text{ HRC}$  (по шкале C).

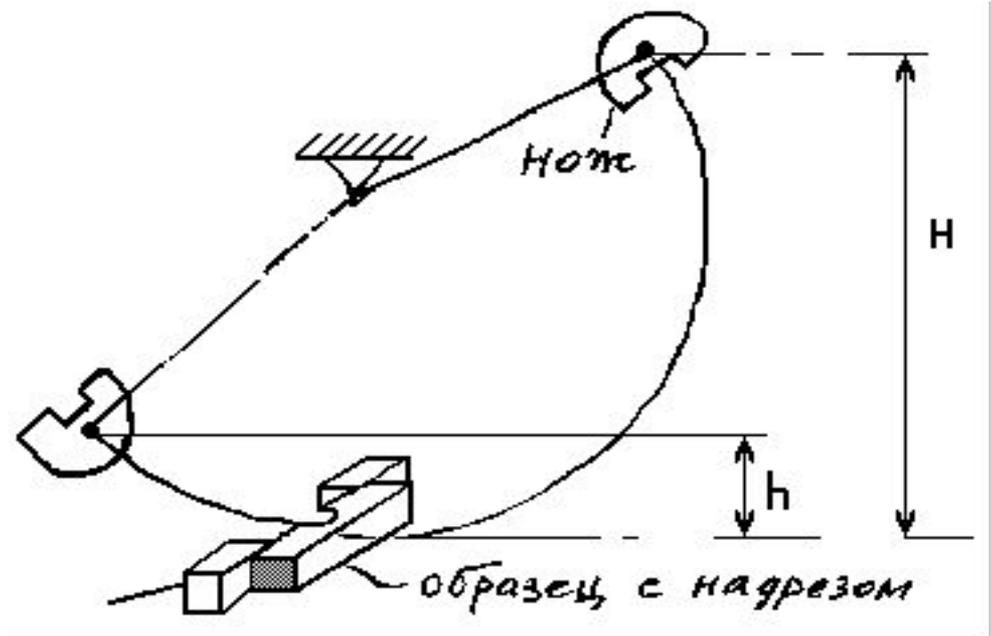
# **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

- **Ударная вязкость**
- **Ударное разрушение**
- **Выносливость**
- **Усталость**

# Ударная вязкость

- Способность металлов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок (вязкость - свойство обратное хрупкости).

(KCV) или KCU =  $A/f$  кДж/м<sup>2</sup>



# некоторые механические свойства металлов и сплавов

Материал	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ %	НВ
чистое железо	250-300	50	800-900
сталь 30	500-550	15-20	1200
высокопрочные стали	1600-2400	7-20	2400-3800
алюминий	15-120	10-25	250-300
Al-сплавы	150-600	2-8	550-1000
Ti-сплавы	1600-1700	15-20	1500-2000

# Строение и свойство сплавов

## Основные понятия теории строения сплавов

**Сплав** - это вещество, полученное сплавлением двух или нескольких элементов металлов с металлами, а также металлов с неметаллами.

Основу металлического сплава составляют металлы. (сталь, чугун, дюралюминий, силумин)

В состав этих сплавов входят кроме металлов и неметаллы-Углерод, Кремний, Фосфор, Сера.

Примеры двух и трехфазных систем:

- вода и пар, вода и лед;
- пар, горячая вода (чай) и не растворившийся сахар.

# Классификация сплавов

- - по числу компонентов - на двойные (бинарные), тройные и т.д.;
- - по основному компоненту - железные, алюминиевые, медные и т.д.;
- - по температуре плавления - легкоплавкие (припои, баббиты, типографские сплавы), тугоплавкие (на основе молибдена, ниобия и т.д.)

# ТИПЫ СПЛАВОВ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

- - по числу компонентов - на двойные (бинарные), тройные и т.д.;
- - по основному компоненту - железные, алюминиевые, медные и т.д.;
- - по взаимодействию компонентов друг с другом (**механические смеси; твердые растворы; химические соединения**)

# Механические смеси

Механические смеси называют *эвтектиками*, что означает «**низкоплавкий**».

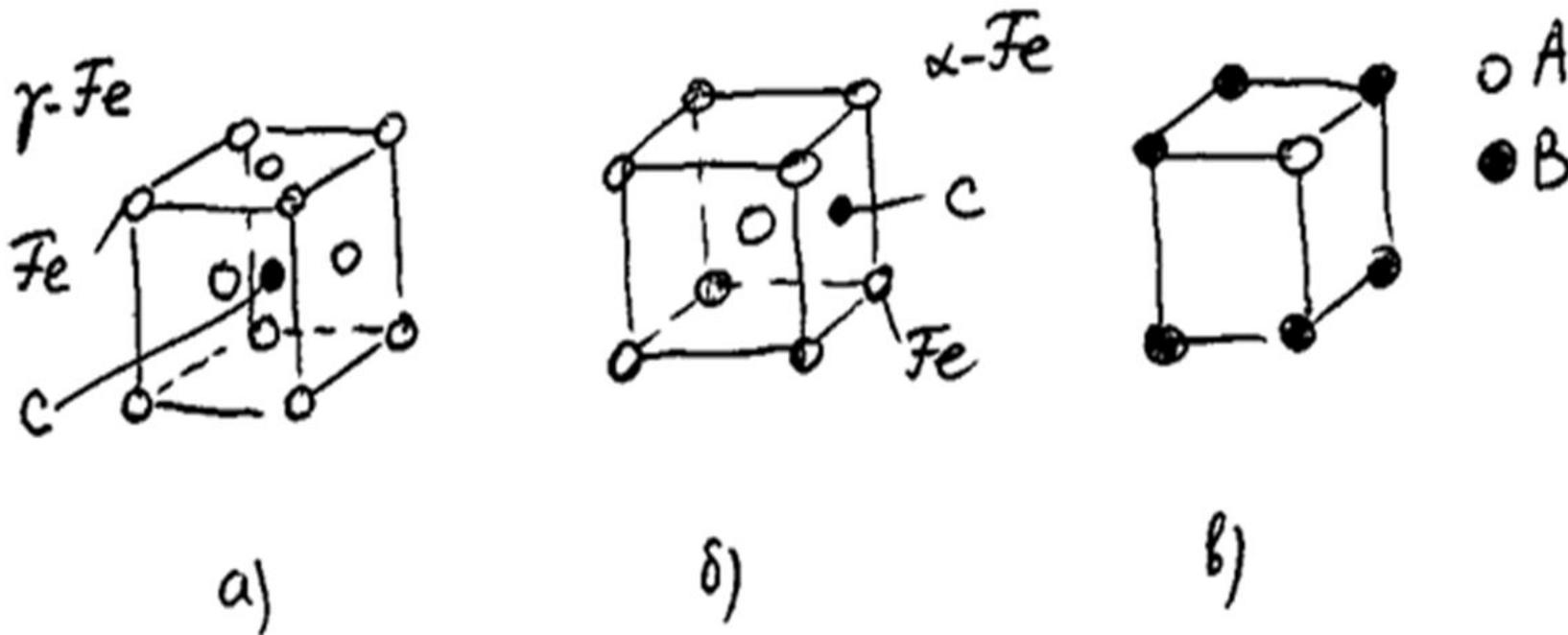
Их характерные особенности:

- низкая температура плавления;
- мелкозернистое строение;
- механические свойства зависят от количественного соотношения компонентов и размеров зерен. Эвтектики обладают сверхпластичностью при высоких температурах ( $\delta > 100\%$ ). (жидкотекучестью).
- Примеры эвтектик: сплавы Pb-Sn (припой); Al-Si, бронзы оловянистые, чугуны.

# ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ

- Это соединения, в которых один из компонентов (металл) является растворителем, а другой (металл или металлоид) - растворенным веществом. Растворимость может быть полная и ограниченная.
- Твердые растворы по взаимодействию атомов бывают **внедрения** и **замещения**

# Схема кристаллической решетки твёрдого раствора внедрения: а) - $\gamma$ -Fe; б) - $\alpha$ -Fe; в) - твёрдого раствора замещения



# ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

- Они образуются при глубоком взаимодействии атомов компонентов. Например взаимодействие металла с металлом, металла с металлоидом (**карбид железа  $Fe_3C$** , NaCl,  $Cu_2MnSn$ ).

## Особенности химических соединений:

- - образуется новая кристаллическая решетка;
- - температура плавления отличается от температур плавления компонентов;
- - имеются совершенно новые свойства в “точке” соединения (сингулярной точке).
- В состав химического соединения компоненты чаще всего входят в строго определенных соотношениях.

# Железоуглеродистые сплавы

Железоуглеродистые сплавы - стали  
и чугуны.

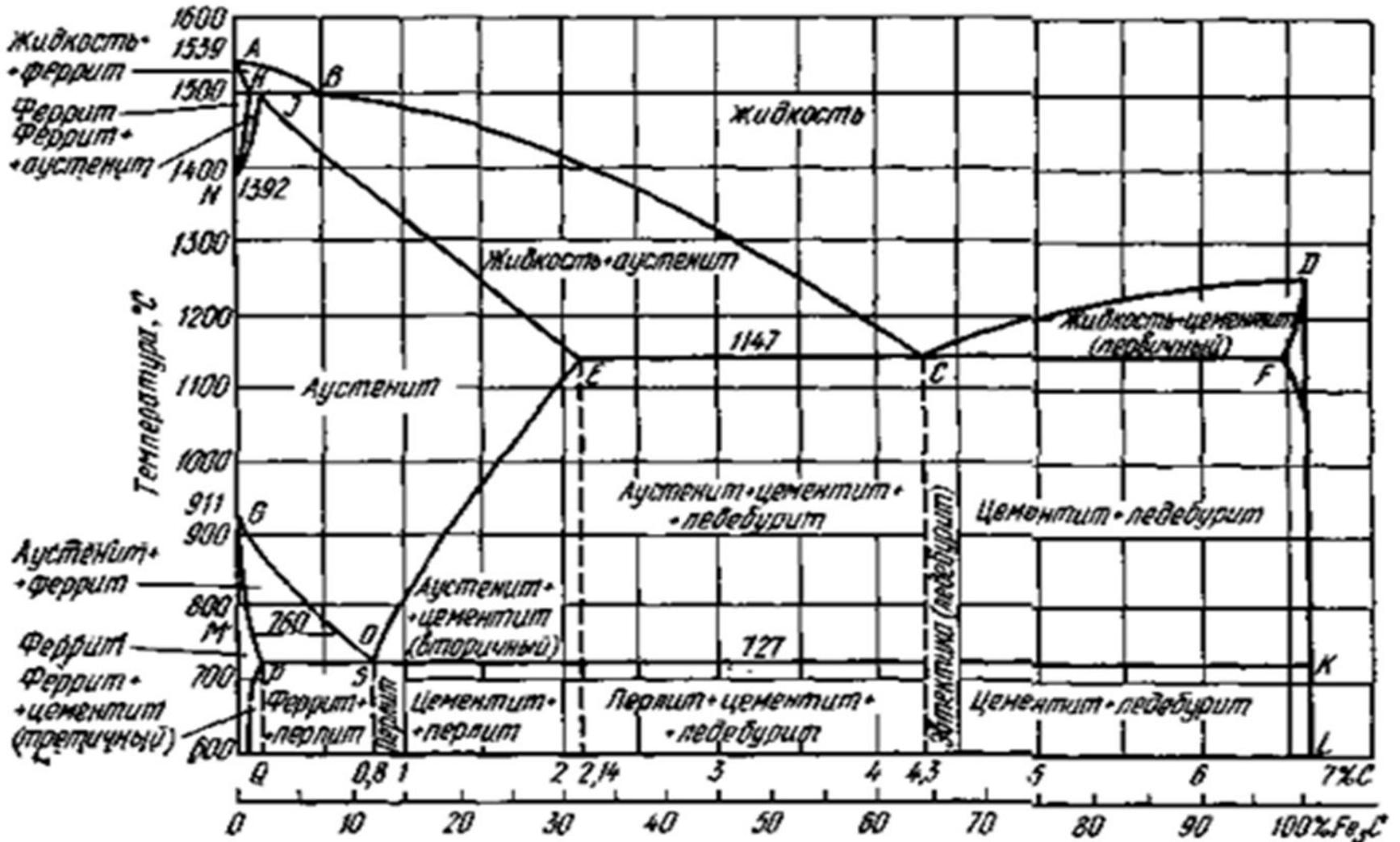
Стали являются одним из основных высоко технологичных материалов, используемых в машиностроении и производстве сварных металлоконструкций.

Чугуны являются дешёвым литейным сплавом и применяется для производства корпусных отливок

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ

- **Стали** – сплавы железа с углеродом и другими примесями, при содержании углерода до 2,14%
- **Чугуны** - сплавы железа с углеродом и другими примесями, при содержании углерода более 2,14% до 6,67%

# Диаграмма состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C



# Углеродистые стали

- По содержанию углерода:
  - малоуглеродистые, содержащие углерода менее 0,25%;
  - среднеуглеродистые, содержание углерода составляет 0,25-0,60%;
  - высокоуглеродистые, в которых содержание углерода превышает 0,60%.
- По структуре: доэвтектоидные (С, эвтектоидные, заэвтектоидные)

# ЛИНИИ И ТОЧКИ ДИАГРАММЫ Fe-Fe<sub>3</sub>C

- Линия ABCD - линия ликвидус.
- Линия ANJESF – линия солидус.
- Точка A - температура плавления чистого железа (1539°C).
- Точка D - температура плавления чистого цементита.
- Точка N - температура полиморфного превращения чистого железа  
 $\gamma - \text{Fe} \rightarrow \delta - \text{Fe}$  (1392°C).
- Точка G - температура полиморфного превращения чистого железа  
 $\alpha - \text{Fe} \rightarrow \gamma - \text{Fe}$  (911°C).
- Область ANH- область  $\delta - \text{Fe}$ .
- Область NJESG аустенита. Обозначается буквой A или символами Fe <sub>$\gamma$</sub> (C),  $\gamma$ .
- Область GPQ - область феррита. Обозначается Ф или Fe <sub>$\alpha$</sub> (C),  $\alpha$ .
- Точка E (точнее ее проекция на ось % C) - максимальная растворимость C в A, которая составляет 2,14 % C при температуре эвтектического превращения, проходящего на линии EF,  $t = 1147^\circ\text{C}$  (Ж → Л) или (Ж → A + Ц).
- Точка P - соответствует максимальной растворимости C в Ф

# Характеристика структурных составляющих системы “железо-углерод”

**1. Феррит ( $\Phi$ )** - твердый раствор углерода в  $\alpha$ -Fe. Растворимость углерода в  $\alpha$ -Fe составляет 0,02 %. Феррит непрочная ( $\sigma_{\text{в}} = 250$  МПа,  $\sigma_{0.2} = 120$  МПа) и пластичная низкотемпературная фаза ( $\delta = 50$  %;  $\phi = 80$  %, НВ = 80 - 90).

**2. Аустенит (А)** - твердый раствор углерода в  $\gamma$ - Fe.

- Предельная растворимость С в  $\gamma$ - Fe составляет 2,14 %.
- Аустенит, также как и феррит, непрочная и пластичная высокотемпературная фаза.

**3. Цементит (Ц)** - карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$  -6,67 %. Это твердая (НВ = 800 - 850) и мало пластичная ( $\delta \approx 0$  %) и нестабильная фаза. При длительном нагреве она распадается на феррит и графит.

# Характеристика структурных составляющих системы “железо-углерод”

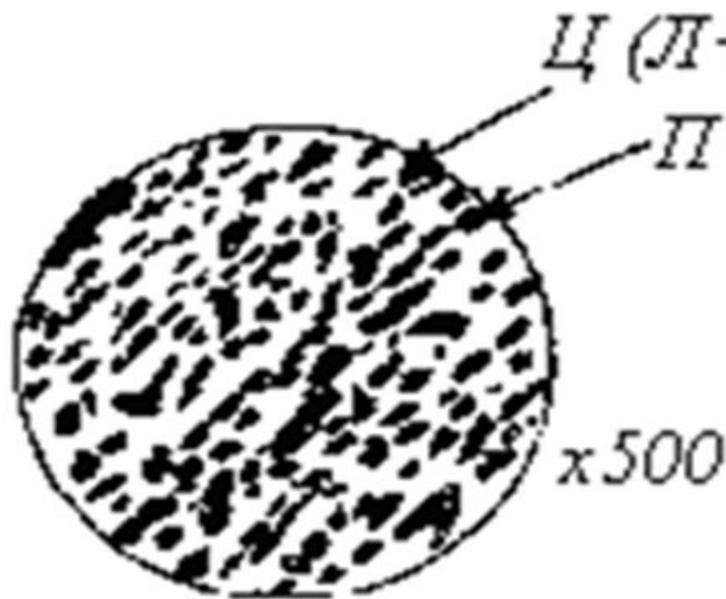
**4. Перлит (П)** - это эвтектоид, механическая смесь выделяющаяся из твердого раствора (аустенита). Его структура выявляется в виде разнородного поля с различной дисперсностью и формой цементита пластичного или зернистого.

**5. Ледебурит (Л)** - механическая смесь аустенита и цементита при температуре  $> 723^{\circ}$ ; при температуре  $< 723^{\circ}$  - механическая смесь перлита и цементита.

**5. Ледебурит (Л)** - это эвтектика. Название произошло от имени немецкого металловеда Ледебура.

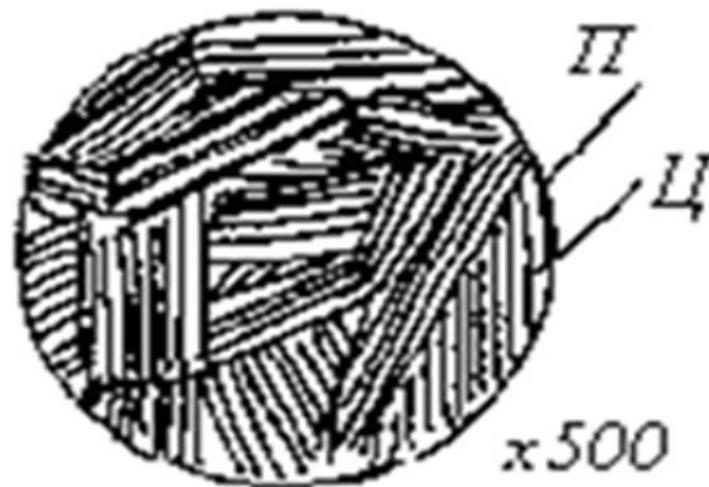
- *Эвтектика* образуется из жидкой фазы (ж  $\rightarrow$  Л)
- *Эвтектоид* образуется из твердой фазы (А  $\rightarrow$  П)

# Структура: а – ледебурита: б-перлита



ледебурит  
( $T=20^\circ$ )

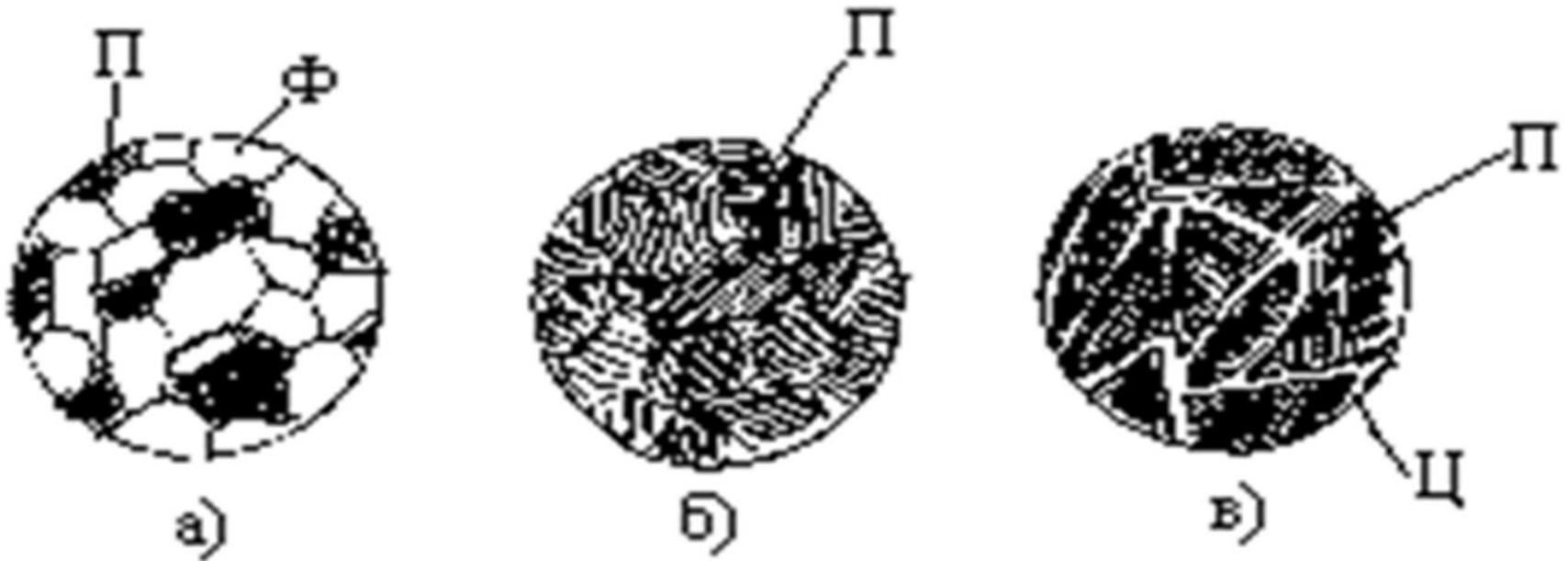
а



перлит  
( $T=20^\circ C$ )

б

# Структуры сталей:



а) доэвтектоидные; б) эвтектоидные; в) заэвтектоидные

# Белый (передедельный) чугун

- *До эвтектической* – С до 4.3%
- *Эвтектической* – С = 4,3%
- *Заэвтектической* – С свыше 4,3%

Углерод находится в связанном  
состоянии в

устойчивом химическом соединении  
 $\text{Fe}_3\text{C}$

(ЦЕМЕНТИТ)

# Термическая обработка стали

**Сущность любой термообработки** заключается в изменении структуры стали путем нагрева до температуры перекристаллизации, выдержки при данной температуре и последующего охлаждения с заданной скоростью

**Цель ТО** – получение заданных механических свойств стали без изменения химического состава

# Классификация видов термической обработки



# Виды термической обработки

**1. Отжиг** чаще применяют, для доэвтектоидных сталей. При полном отжиге, нагрев производится до температуры на  $30-50^{\circ}\text{C}$  выше точки  $A_{c3}$ , а при неполном отжиге - на  $30-50^{\circ}\text{C}$ , выше температуры точки  $A_{c1}$ , с последующей выдержкой и медленным охлаждением (вместе с печью).

## •Цель отжига:

- получение равновесной структуры
- снятие изменений предшествующей ТО

**2. Нормализации** является разновидностью отжига. При нормализации нагрев стали производится на  $30-50^{\circ}\text{C}$  выше точки  $A_z$ , выдержка при этой температуре и охлаждение на воздухе.

## •Цель нормализации:

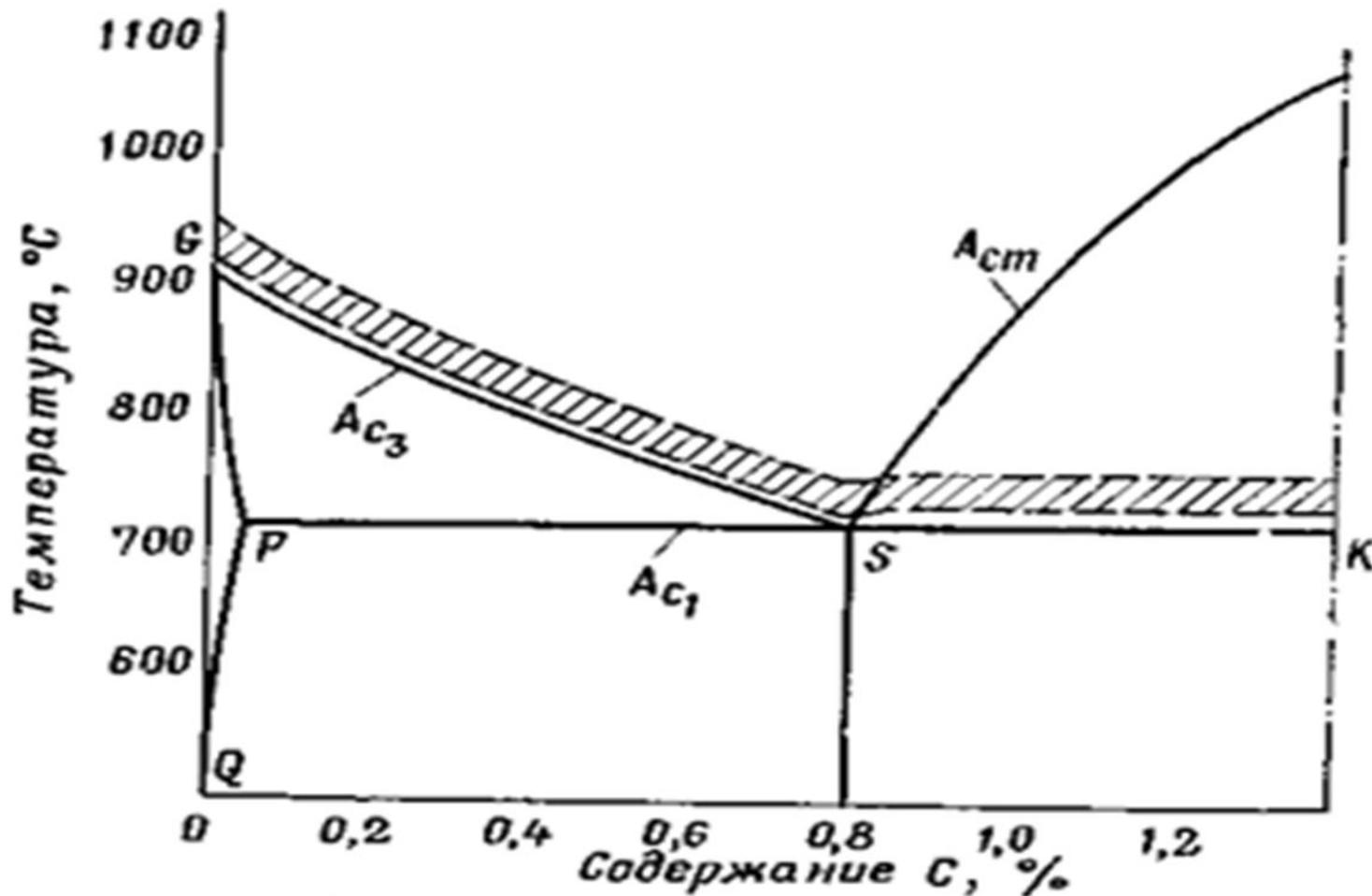
- улучшение микроструктуры стали и повышение механических свойств;
- подготовка к последующей термической обработке. Нормализации подвергают, стали, для устранения крупнозернистой структуры отливок, сварного шва и т.д.
- Для ряда сталей, нормализация является окончательной операцией термической обработки, т. к. сталь приобретает наиболее благоприятное сочетание прочности и пластичности.

**3. Закалка стали** заключается в ее нагреве до температуры выше критической точки  $A_z$  (для доэвтектоидных) или выше точки  $A_1$  (для заэвтектоидных сталей) на  $30-50^{\circ}\text{C}$ , выдержке при этой температуре и охлаждением со скоростью больше критической.

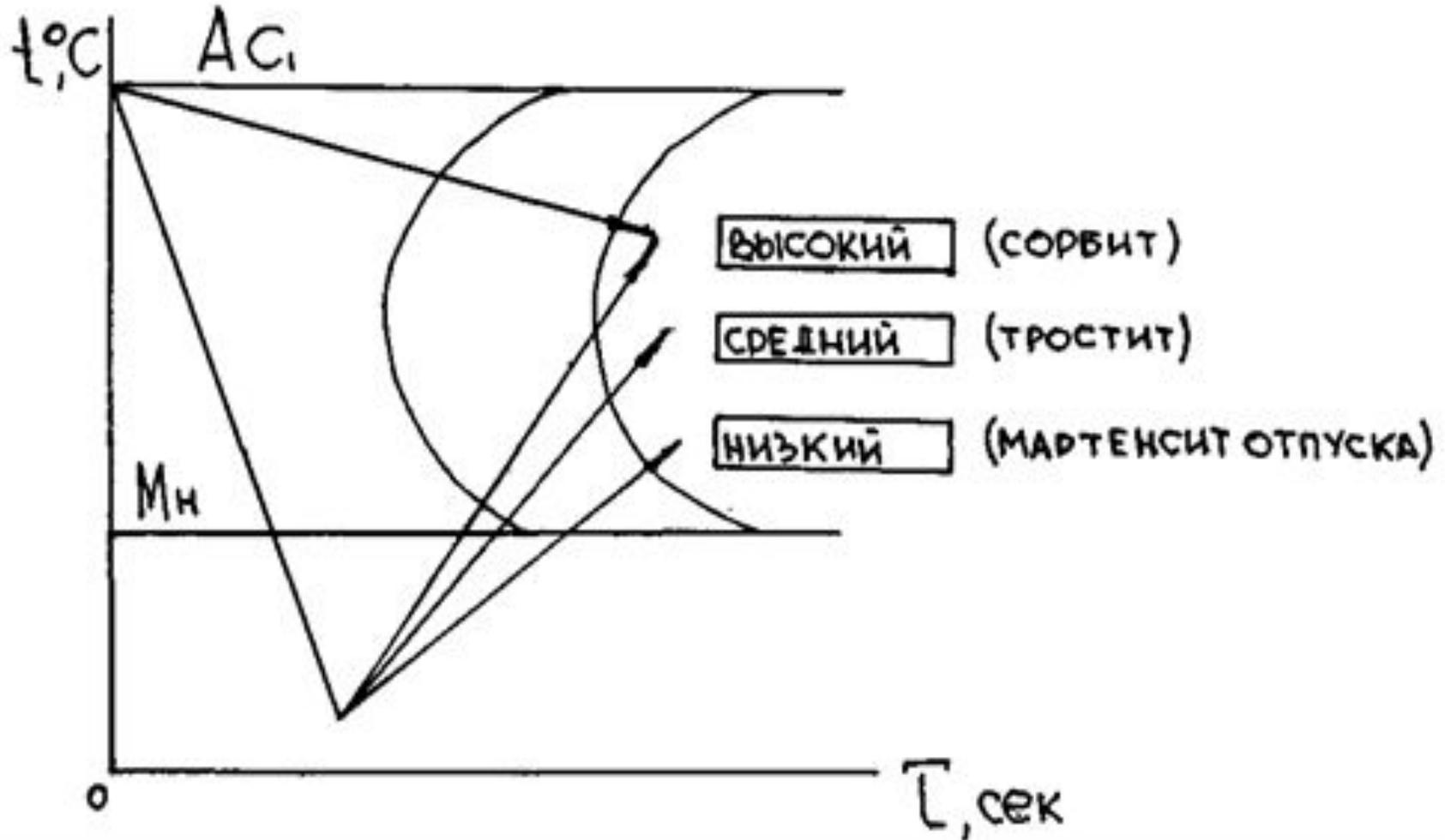
**4. Отпуск** нагрев закаленной стали ниже критической точки  $A_i$  ( $727^{\circ}\text{C}$ ) с выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением.

- **цель отпуска:** уменьшения остаточных напряжений, частичного снижения твердости, повышения ударной вязкости и улучшения обрабатываемости резанием.

# Интервалы закалочных температур углеродистых сталей



# Виды отпуска



Цель закалки - получение структуры мартенсита при минимальных внутренних напряжениях.

# Классификация и маркировка сталей

Стальями принято называть сплавы железа с углеродом, содержащие до **2,14%** углерода.

По химическому составу стали подразделяют на: **углеродистые** (ГОСТ 380-71, ГОСТ 1050-75) и **легированные** (ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 14959-79).

По назначению все стали подразделяют на:

**конструкционные, инструментальные и**

# Углеродистые стали

Конструкционные и инструментальные по содержанию углерода подразделяются на:

- малоуглеродистые, содержащие углерода менее 0,25%;
- среднеуглеродистые, содержание углерода составляет 0,25-0,60%;
- высокоуглеродистые, в которых концентрация углерода превышает 0,60%.

# Качество сталей

(определяется содержанием вредных примесей P и S)

- **Стали обыкновенного качества**, содержание до 0.06% серы и до 0,07% фосфора.
- **Качественные** — до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- **Высококачественные** — до 0.025% серы и фосфора.
- **Особовысококачественные**, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

# Степень раскисления сталей

(при производстве- при раз-ливке)

- **спокойные стали**, т. е., полностью раскисленные; такие стали обозначаются в маркировке буквами «сп» в конце марки (иногда буквы опускаются);
- **кипящие стали** — слабо раскисленные; маркируются буквами «кп»;
- **полуспокойные стали**, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами «пс

# Конструкционные стали обыкновенного качества

## (классификация и маркировка)

- **сталь группы А** - с гарантированными механическими свойствами – маркируется:  
(Ст0кп, Ст1пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст4, Ст5, Ст6кп, Ст7пс) ;
- **сталь группы Б** - с гарантированным химическим составом – маркируется:  
(БСт1пс, БСт2, БСт3кп, БСт4, БСт5кп, БСт7пс);
- **сталь группы В** - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом – маркируется:  
(ВСт1сп, ВСт2сп, ВСт3сп, ВСт4, ВСт5сп, ВСт6сп, ВСт7)

# Примерное содержание С в сталях обыкновенного качества

Обозначение стали

Содержание углерода

Ст0

< 0,23%

Ст1

0,06-0,12%

Ст2

0,09-0,15%

Ст3

0,14-0,22%

Ст4

0,18-0,27%

Ст5

0,28-0,37%

Ст6

0,38-0,49%

# Конструкционные качественные и высококачественные стали

- В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05; 08; 10; 25; 40 и т.д. Так сталь с содержанием углерода 0,07-0,14% обозначается 10, сталь с содержанием углерода 0,42-0,50% — 45, а сталь с углеродом 0,57-0,65% — 60.
- для сталей с  $C < 0,2\%$ , не подвергнутых полному раскислению, в обозначение добавляются буквы кп (для кипящей стали) и пс (для полуспокойной).
- Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются. Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д.
- В маркировке высококачественных сталей после цифр добавляют букву А (Сталь20А, 08А, 55А)
- стали с повышенными свойствами, используемые для производства котлов обозначают по ГОСТ 5520-79 добавлением буквы К в конце наименования стали: 15К, 18К, 22К.

# Легированные конструкционные стали

- В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв. Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь. Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1.5% цифра за соответствующей буквой не указывается.
- Например, сталь состава С 0,09-0,15%, Cr 0,4-0,7%, Ni 0,5-0,8% называется 12ХН, а сталь состава С 0,27-0,34%, Cr 2,3-2,7%, Mo 0,2-0,3%, V 0,06-0,12% — 30Х3МФ.

# Строительные стали

Строительные стали по ГОСТ 27772-88 обозначаются буквой С (строительная) и цифрами, соответствующими минимальному пределу текучести стали. Буква К в конце наименования указывает на стали с повышенной коррозионной стойкостью, буква Т — на термоупрочненный прокат, а буква Д — на повышенное содержание меди. Например: С255, С345Т, С 390К, С440Д и т.д.

# Инструментальные углеродистые стали

- Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные.
- Качественные стали обозначаются буквой У (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, в десятых долях процента. Так сталь У7 содержит 0,65-0,74% углерода, сталь У10 — 0,95-1,04%, а сталь У13 — 1,25-1,35%.
- В обозначения высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т. д.).

# Легированные инструментальные стали

- по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных. Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали. Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей. Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1,0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают.
- Приведем примеры: сталь 4Х2В5МФ имеет содержание С 0,3-0,4%, Cr 2,2-3,0%, W 4,5-5,5%, Mo 0,6-0,9%, V 0,6-0,9%, а сталь ХВГ — С 0,9-1,05%, Cr 0,9-1,2%, W 1,2-1,6%,
- Быстрорежущие стали обозначают буквой «Р», следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама.
- сталь Р6М5 имеет состав С 0,82-0,9%, Cr 3,8-4,4%, Mo 4,8-5,3%, V 1,7-2,1%, W 5,5-6,5%,

# Нержавеющие стали

- Обозначения стандартных нержавеющей сталей согласно ГОСТ 5632-72 состоят из букв и цифр и строятся по тем же принципам, что и обозначения конструкционных легированных сталей. В обозначения литейных нержавеющей сталей добавляется буква Л.
- Приведем примеры: нержавеющая сталь состава  $C < 0,08\%$ ,  $Cr 17,0-19,0\%$ ,  $Ni 9,0-11,0\%$ ,  $Ti 5 * C - 0,7\%$  обозначается 08X18H10T, а литейная сталь 16X18H12C4ТЮЛ имеет состав  $C 0,13-0,19\%$ ,  $Cr 17,0-19,0\%$ ,  $Ni 11,0-13,0\%$ ,  $Si 3,8-4,5\%$ ,  $Ti 0,4-0,7\%$ ,  $Al 0,13-0,35\%$ .
- В том случае, если стали получены методом электрошлакового переплава, к их наименованиям (также как и для легированных сталей) добавляется через тире буква Ш (06X16H15M3Б-Ш).

# Алюминий и его маркировка

**Алюминий** - легкий металл с плотностью  $< 3 \text{ г/см}^3$ ,

Характеристика:

-металл серебристого цвета;

-кристаллическая решетка – ГЦК;

-плотность –  $27000 \text{ Н/м}^3$  ( $2,7 \text{ г/см}^3$ );

-температура плавления  $657^\circ\text{C}$ ;

-очень высокая пластичность и малая прочность  $\sigma_{\text{в}} = 100 \text{ МПа}$ ,  $\delta = 60\%$ ,  $\psi = 80\%$ ,  $\text{НВ} = 250 \text{ Мпа}$ .

Маркировка технического алюминия: (ГОСТ 11069 – 74): **A999** – 0,0010 примесей – алюминий особой чистоты. Он предназначается для электротехнических конденсаторов.

- **A998** – алюминий высокой чистоты, для химической аппаратуры.
- **A99** - алюминий высокой чистоты, для изготовления электроприводов, кабельной продукции, фольги.
- **A98, A97, A96** – алюминий высокой чистоты, предназначается для изготовления маслопроводов, бензопроводов, пищевой посуды.
- **A85** алюминий технической чистоты. – 0,15...1,0% примесей Fe, Si и др.

# Сплавы алюминия

**Деформируемые** сплавы (ГОСТ 4784-97) Al + Cu

2-х компонентные сплавы (Al-Cu, Al-Mn, Al-Mg, Al-Ni),

3-х компонентные (Al-Cu-Mg, Al-Mn-S, Al-Si-Fe),

многокомпонентные (Al -Zn, Mg, Cu, Zr)

**дюралюмины** - маркировка

(Д-1, Д-16, Д-18, В-95 и др.) хорошо деформирующиеся в нагретом состоянии.

**Литейные** - сплавы (ГОСТ 1583-93) Al + Si + An

Маркировка **силуминов**

- На основе Al-Si-Mg: АЛ2 (АК12); АЛ4 (АК94) АЛ9;
- На основе Al-Si- Cu: АЛ5 (АК5М); АЛ32 (АК8М);
- На основе Al-Cu: АЛ19 (АМ5);
- На основе Al-Mg: АЛ13 (АМг5К); АЛ28 (АМг5Мц)

Обладают хорошей жидкотекучестью(в расплаве)

# Медь и ее маркировка

**Медь** (Cu) тяжелый металл красного цвета

Характеристика:

-Кр. Решетка - ГЦК

-температура плавления  $T_{\text{пл}} = 1083^{\circ}\text{C}$

-плотность  $\gamma = 8,94\text{г/см}^3$ .

-прочность чистой меди  $\sigma_{\text{в}} \approx 200...250\text{МПа}$

-предел прочности сплавов  $\sigma_{\text{в}} \approx 600\text{МПа}$ .

-пластична,  $\delta=30...50\%$ ;  $\psi=75\%$ . хорошо сваривается

Маркируется медь по ГОСТ 859-78 в зависимости от содержания в ней примесей:

**M00** - 99,99% Cu **M2** - 99,7% Cu

**M0** - 99,97% Cu **M3** - 99,5% Cu

**M1** - 99,9% Cu

# Сплавы меди

**Латуни** (Cu+Zn) – деформируемый сплав

Маркируют буквой Л и цифрой, например, латунь **Л68** содержит 68 % Cu, латунь **ЛАН59-3-2** содержит 59 % Cu, 3 % Al; 2 % Ni (остальное Zn).

**Бронзы** (сплавы Cu+ Zn, Sn, Al, Be, Si, Mn, Ni, Fe) - литейный и деформируемый сплав, маркируют Бр, за которыми ставятся буквы и числа, например, **БрАЖ9-4** содержит 9 % Al, 4 % Fe, остальное — Cu. В марках литейных бронз после каждой буквы указывается содержание этого легирующего элемента. Например, **БрОбЦбСЗ** содержит 6 % Sn, 6 % Zn, 3 % Pb, остальное - Cu.

# Твердые припои на основе меди

*Твердые припои*, имеющие высокую температуру плавления

- медно-цинковые припои и медь (825-940<sup>0</sup> С)
- серебряные припои;
- медно-фосфористые припои;
- никелевые припои;
- золотые припои;
- алюминиевые припои;
- магниевые припои.

**ПМЦ-36** : Cu – 36%, остальное – Zn.

**ПМЦ-48** применяют для изделий из медных сплавов,

**ПМЦ-54** для пайки сталей.

**Латуни** применяют для пайки меди, стали, чугуна.

**Конструкторская и  
производственно-  
технологическая  
документация**

```
graph TD; A[Документация по выполнению сварочных работ] --> B[Конструкторская документация]; A --> C[Технологическая документация];
```

Документация  
по выполнению сварочных  
работ

Конструкторская  
документация

Технологическая  
документация

# **Конструкторская документация**

# Конструкторская документация

- Оформление конструкторской документации производится в соответствии с «Единой системой конструкторской документации» (ЕСКД).
- К конструкторским документам относятся графические и текстовые документы, определяющие состав, изготовление и контроль изделия.

Конструкторская  
документация

```
graph TD; A[Конструкторская документация] --- B[Чертёж детали]; A --- C[Сборочный чертёж]; A --- D[Спецификация]; A --- E[Технические требования];
```

Чертёж  
детали

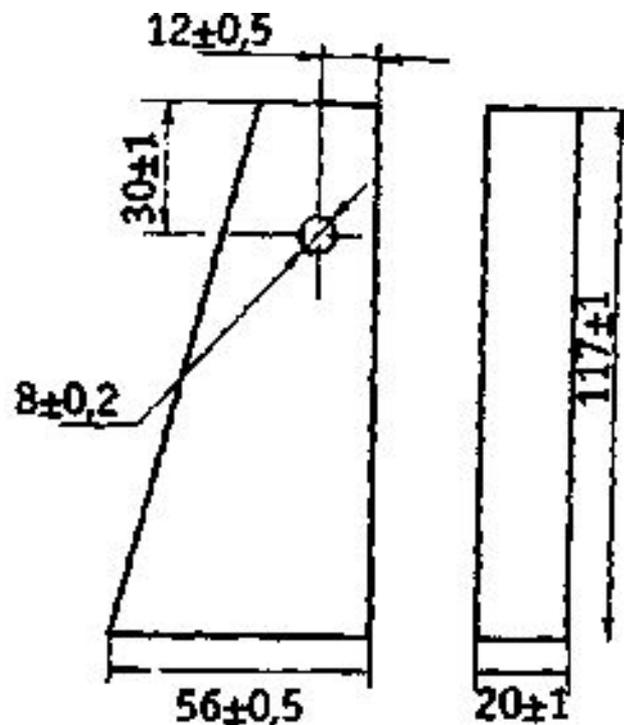
Сборочный  
чертёж

Спецификация

Технические  
требования

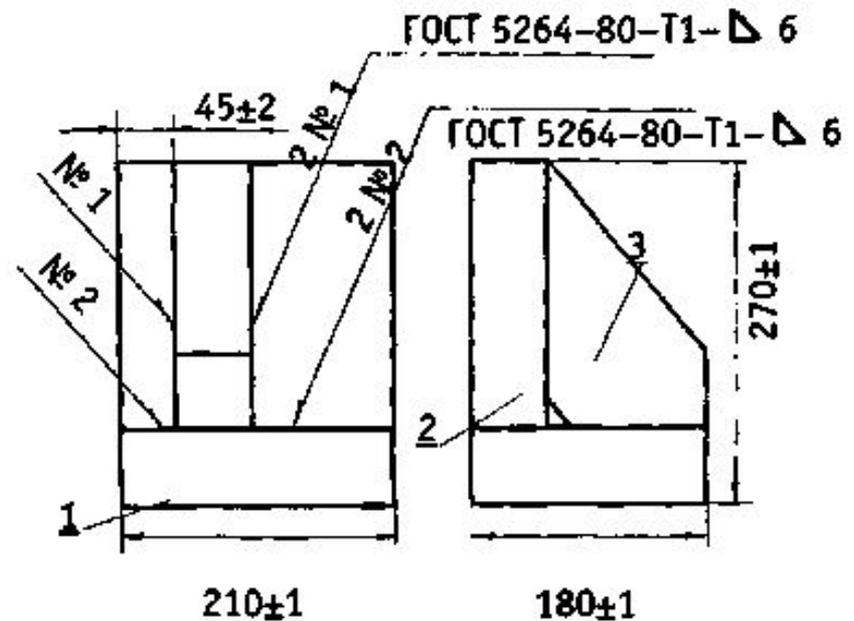
# Чертеж детали

- документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля, например, на рисунке представлен чертеж косынки.



# Сборочный чертеж (СБ)

- документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки — сварки и контроля, например, на рисунке представлен сборочный чертеж кронштейна.







# **Чтение конструкторской документации**

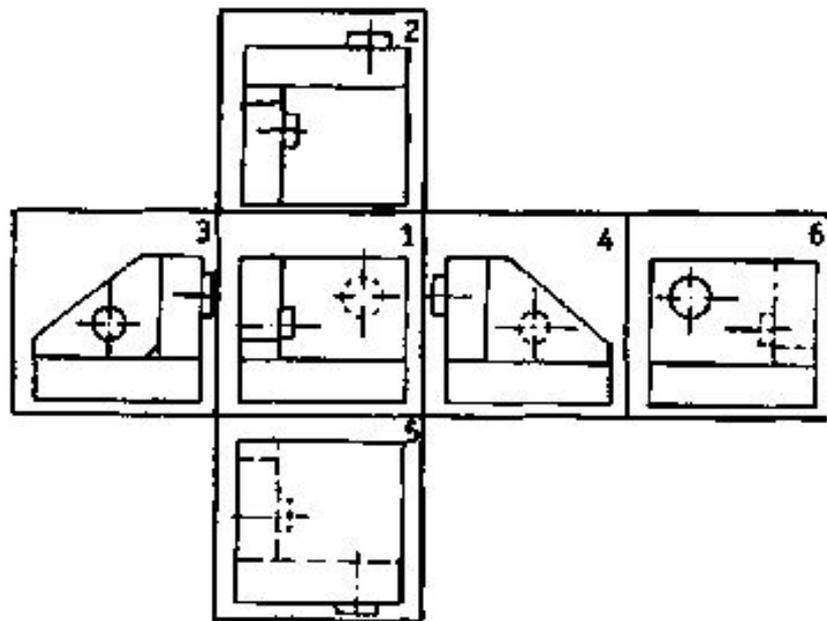
# Чтение конструкторской документации

- Сборка и сварка изделий производятся в соответствии со сборочными чертежами. На сборочном чертеже представлены:
- изображение сборочной единицы;
- габаритные и установочные размеры и их предельные отклонения;
- допуски формы и расположения поверхностей;
- обозначения сварных швов;
- технические требования и надписи на чертежах.

# Изображение сборочной единицы

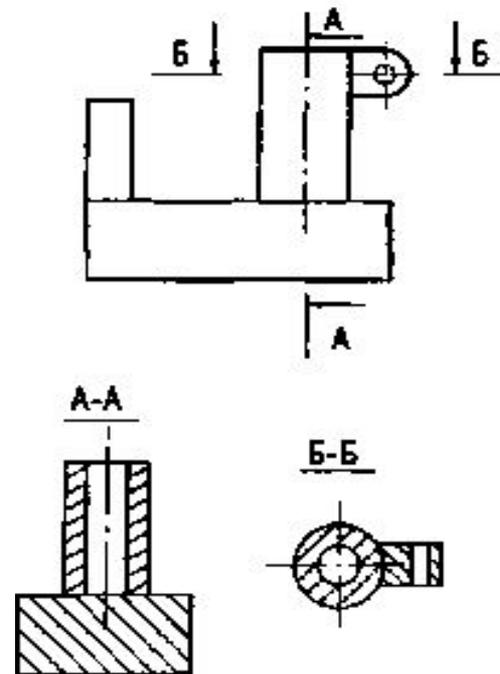
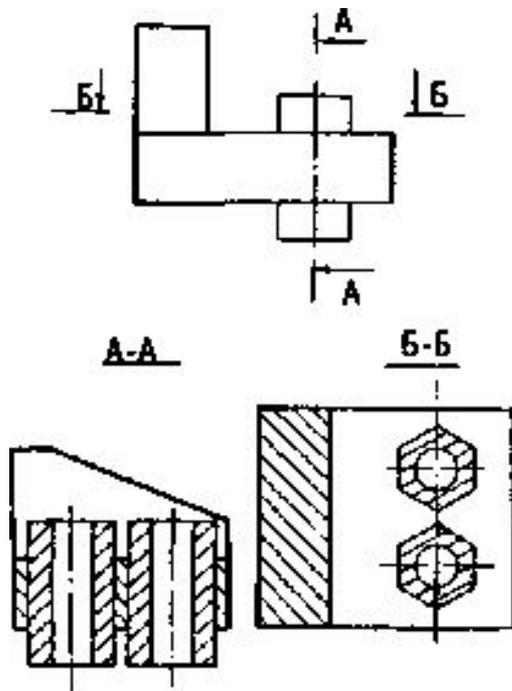
□ Изображения на чертеже разделяются на виды, разрезы, сечения. Основные **виды** имеют следующие наименования:

- 1— вид спереди (главный);
- 2— вид сверху;
- 3— вид слева;
- 4— вид справа;
- 5— вид снизу;
- 6— вид сзади.



# Разрезы и сечение

- **Разрезы**—изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.
- **Сечение**— изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной (или несколькими) плоскостями. На сечении показывается только то, что получается в секущей плоскости.



# Габаритные и установочные размеры и их предельные отклонения на сборочных чертежах

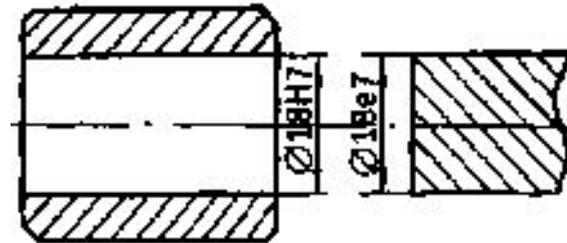
- Сварное изделие невозможно получить абсолютно точно по указанным на чертеже размерам, поэтому действительные размеры находятся в определенных пределах, обеспечивающих:
  - а) возможность выполнения сборки — сварки изделия;
  - б) возможность применения сварного изделия в дальнейшем при сборке общей конструкции, после сварки, зачистки, правки и т. д.

- Абсолютная величина допуска (в микрометрах) в зависимости от качества и размера <sup>[1]</sup>:

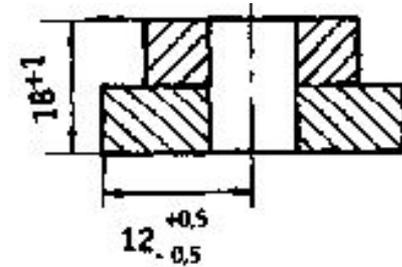
Размер, мм	Квалитет																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
3-6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	480	750	1200		
6-10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
10-18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
18-30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	12	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
30-50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
50—80	0,8	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
80-120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
120-180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180-250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
250-315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315-400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

# Предельные отклонения линейных размеров указываются одним из трех способов:

- а) условными обозначениями полей допусков, например: 18 H7; 18 e8
- б) числовыми значениями предельных отклонений, например:
- в) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, например:



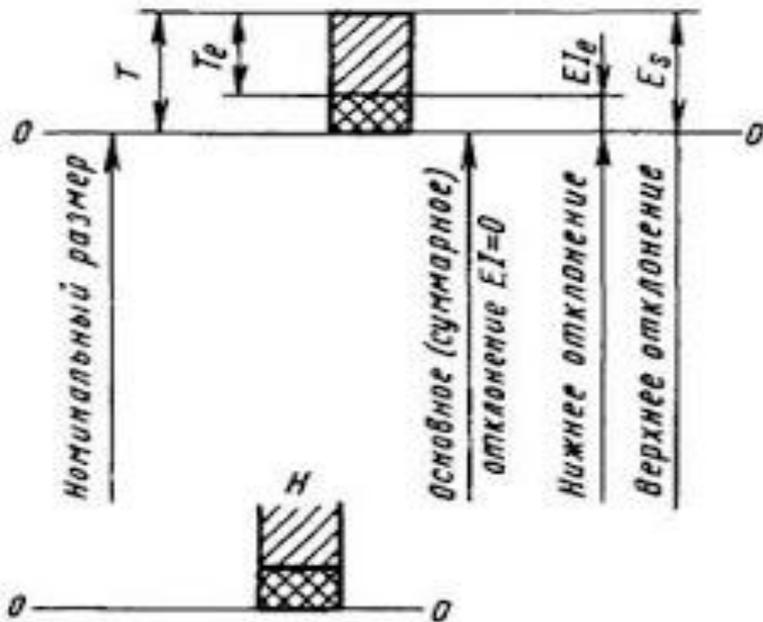
$18^{+1,}$   
 $12^{+0,5}$   
 $\quad -0,5,}$



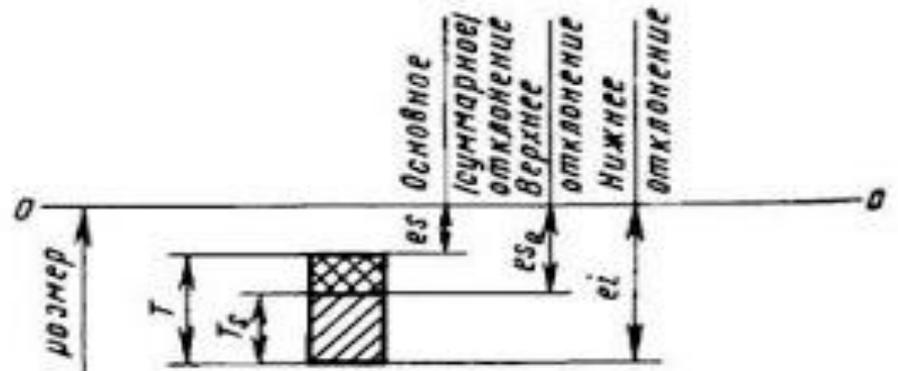
$18 H7 (+ 0,5), 12 e8 ( \begin{matrix} +0,5 \\ -0,5 \end{matrix} ).$

# Допуски и посадки

Расположение поля допуска ширины впадины  $e$  втулки

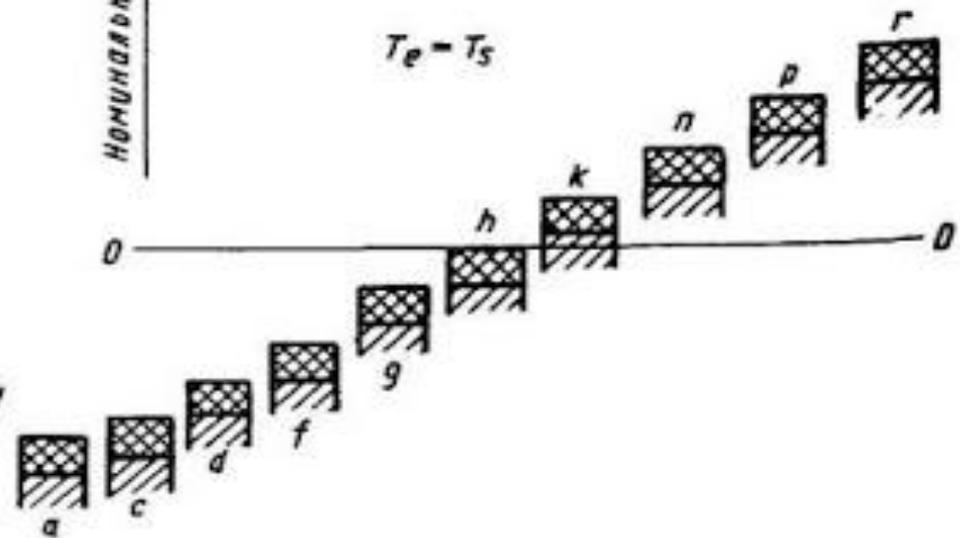


Расположение поля допуска толщины зуба  $z$  вала



 Поле допуска собственно ширины впадины (толщины зуба)

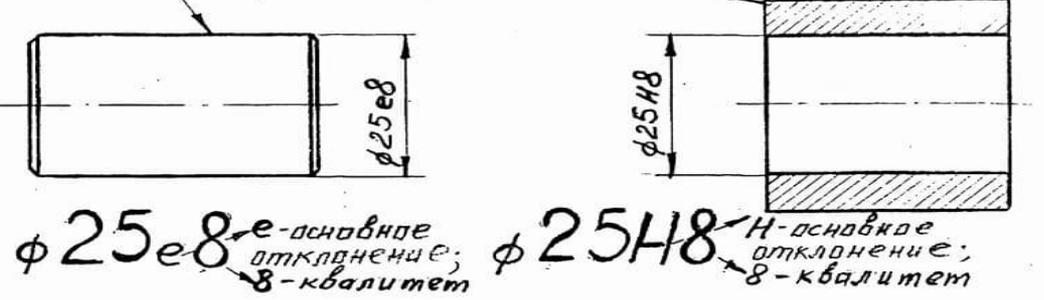
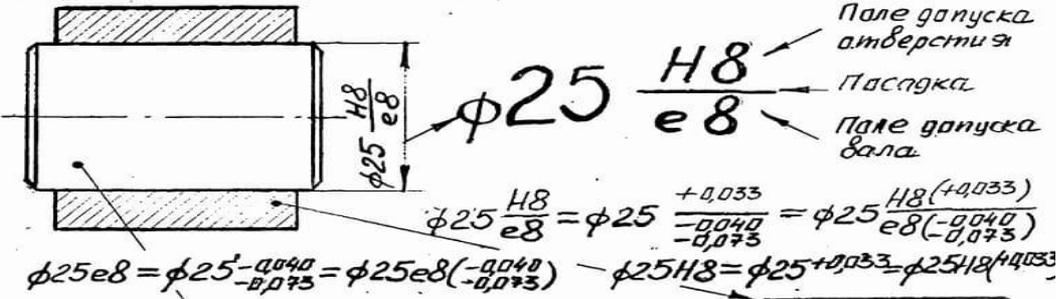
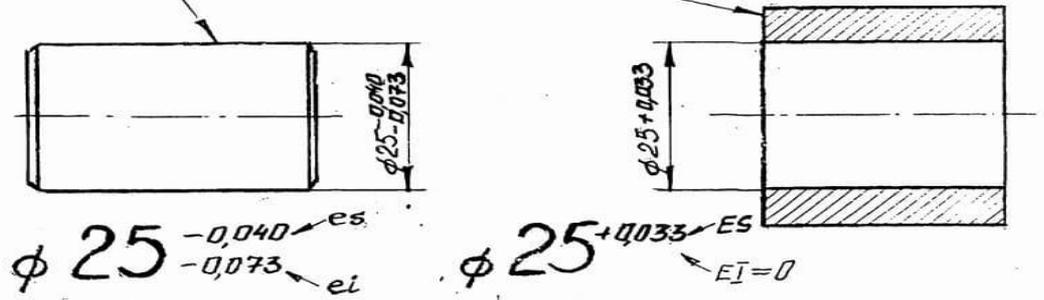
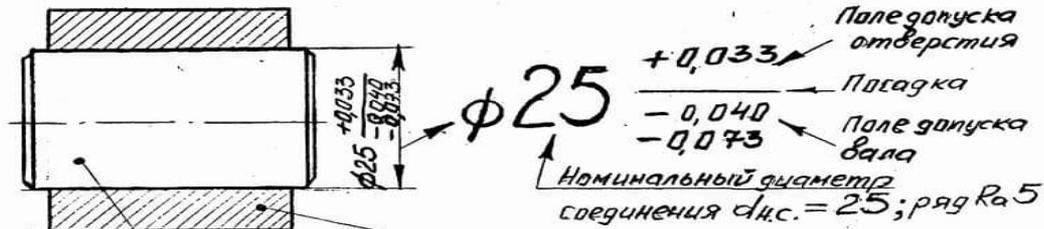
 Поле допуска для отклонений формы и расположения элементов профиля



# Предельные отклонения размеров

Интервалы размеров, мм	Квалитет 6				Квалитет 7		
	Поля допусков						
	<i>h6</i>	<i>Is6</i>	<i>K6</i>	<i>M6</i>	<i>G7</i>	<i>H7</i>	<i>Is7</i>
	Предельные отклонения, мкм						
Свыше 18 до 24	0	+6,5	+2	-4	+28	+21	+10
		-6,5	-11	-11	+7	0	-10
Свыше 24 до 30	-13						
Свыше 30 до 40	0	+8	+3	-4	+34	+25	+12
		-8	-13	-20	+9	0	-12
Свыше 40 до 50	-16						
Свыше 50 до 65	0	+9,5	+4	-5	+40	+30	+15
		-9,5	-15	-24	+10	0	-15
Свыше 65 до 80	-11						

# Обозначение допусков



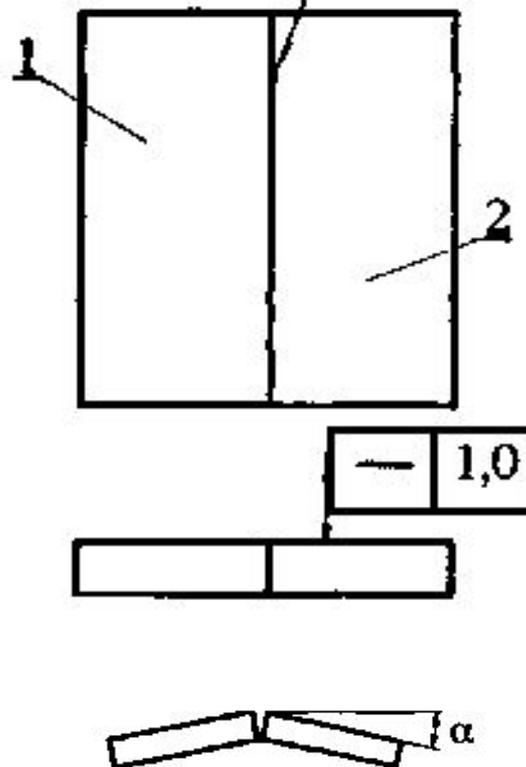
# Допуски формы и расположения поверхностей

Допуски формы	Знак	Допуски расположения	Знак	Суммарные допуски формы и расположения	Знак
Прямолинейности		Параллельности		Радиального биения	}
Плоскостности		Перпендикулярности			
Круглости		Наклона		Полного радиального биения	}
Цилиндричности		Соосности			
Профиля продольного сечения		Симметричности		Полного торцового биения	}
		Пересечения осей			
		Позиционный			
				Формы заданной поверхности	
				Формы заданного профиля	

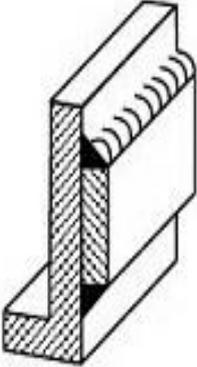
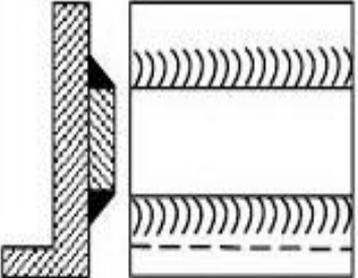
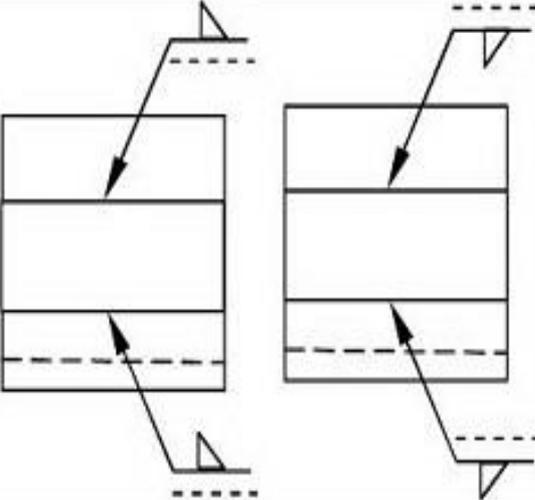
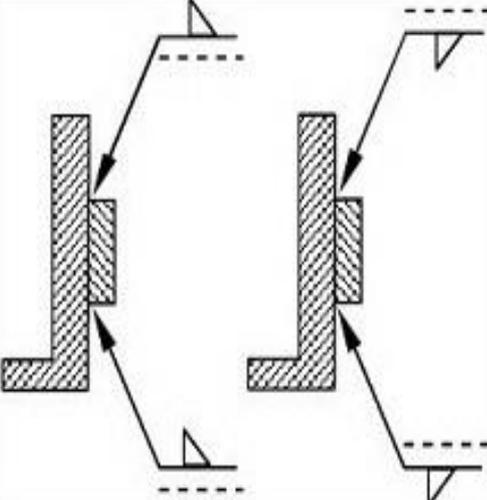
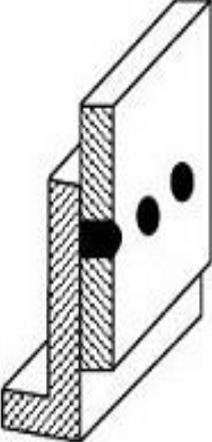
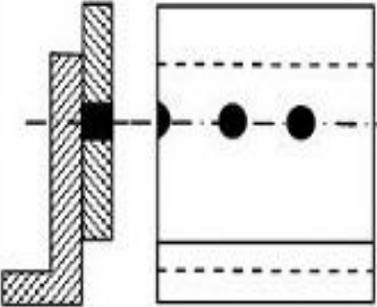
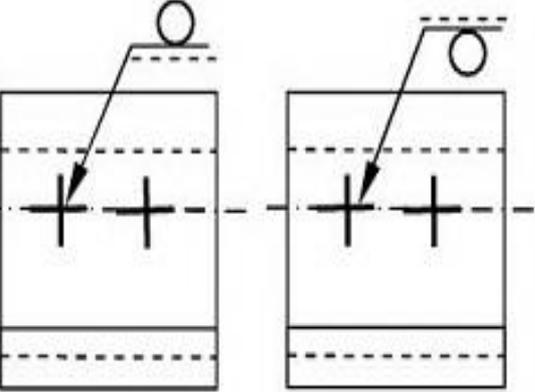
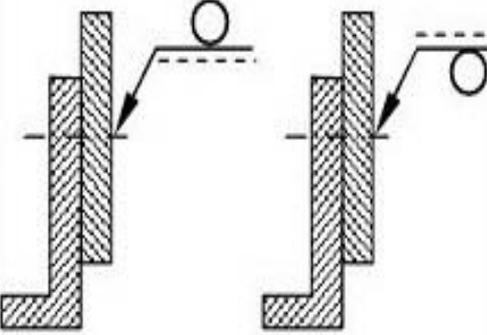
- При чтении на чертежах допусков и расположения поверхностей следует иметь в виду, что указанные параметры относятся к готовому изделию и являются законным требованием при приемке готовой продукции представителем технического контроля или заказчиком. На практике, для достижения заданных параметров при сборке, зачастую, приходится отступать от указаний чертежа, а сборка осуществляется не по конструкторской, а по технологической документации (технологической карте).

- Например, при получении стыкового соединения, состоящего из 2-х листов (поз. 1 и поз. 2), задана прямолинейность верхней поверхности 1 мм на всю ширину плоскости. Для получения такого допуска при сборке изделия возможно применение технологического приема — сборка с предварительным прогибом (угол предварительного прогиба  $\alpha$ ), т. е. при сборке допуск прямолинейности 1 мм не выдерживается

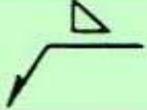
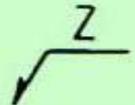
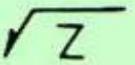
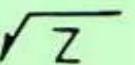
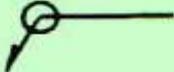
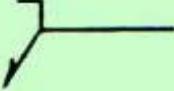
ГОСТ 5264-80-С2



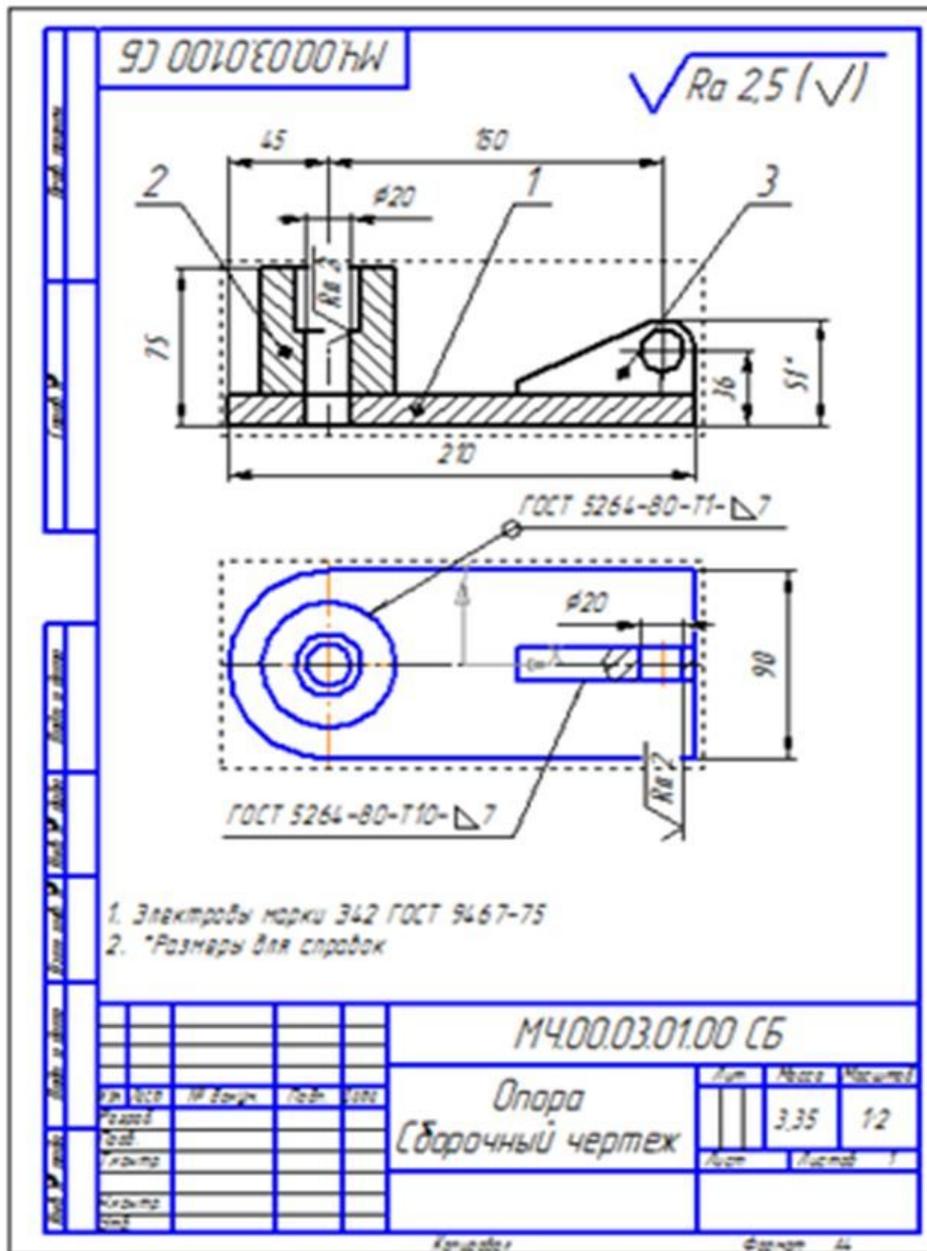
# Обозначение сварных швов на чертежах

Трёхмерное изображение	Плоское изображение	Варианты символического изображения		Варианты символического изображения	
					
					

# Обозначение швов сварных соединений

Значение вспомогательного знака	Изображение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
1. Знак, проставляемый перед размером катета			
2. Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии примерно 60.			
3. Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением			
4. Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва не ясно из чертежа			
5. Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм.			
6. Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения			
7. Усиление шва снять			

# СБ. Ч. Сварная конструкция



# Технические требования и надписи на чертежах

чертеж может содержать:

- текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;
- надписи с обозначением изображений, а также надписи, относящиеся к отдельным элементам изделия;
- таблицы с размерами и другими параметрами, контрольными комплексами, условными обозначениями и т. д.

# Технические требования включают в себя:

- требования, предъявляемые к материалу, например, твердость поверхности
- массу детали
- требования к качеству поверхностей
- условия и методы испытания
- указания о маркировании и клеймении
- правила транспортирования и хранения
- особые условия эксплуатации и т. д.

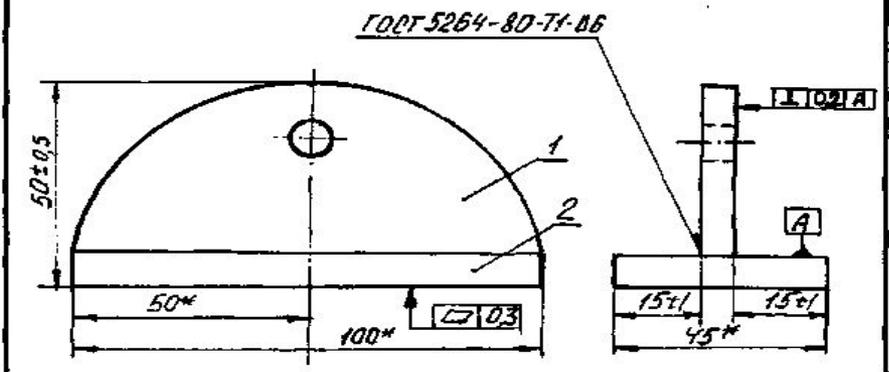
# Порядок чтения сборочно-сварочных чертежей конструкции

- — определите по спецификации комплектность сварной конструкции (узла); конструкция состоит из двух деталей: поз. 1 — упор, поз. 2 — пластина;

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечания
		1	00.01.10	Упор		1
		2	00.01.20	Пластина		1

# Ознакомьтесь со сборочным чертежом

1. Сварку производить электродами типа Э42А.
2. Клеймить изделие клеймом сварщика на поз. 2.
3. \* Размеры для справок.



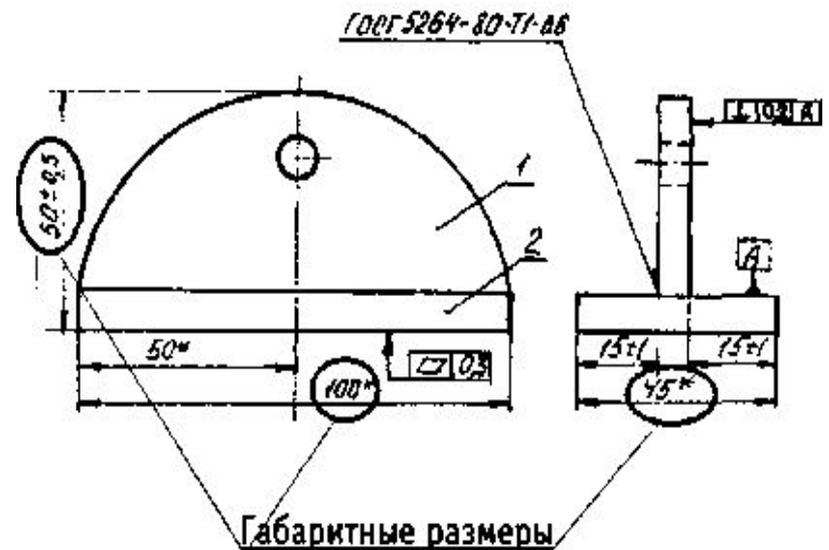
				00.01.00.		
Изм.	Лист	30 листов	Лист	Дата	Упор	
Исполн.					Лит.	Масштаб
Провер.						0.21 1:1
Т. контр.					Лист: 1	Листов: 1
Нач. бюро					СТ	
Н. контр.					см 20	
Упр.					СТ	

□ — определите массу конструкции; масса малагрузоподъемные средства не требуются

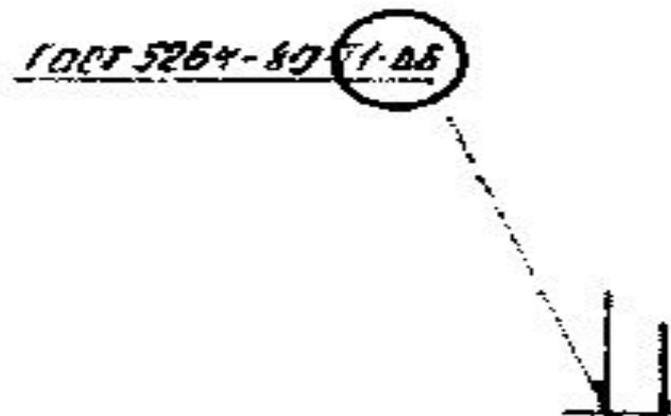
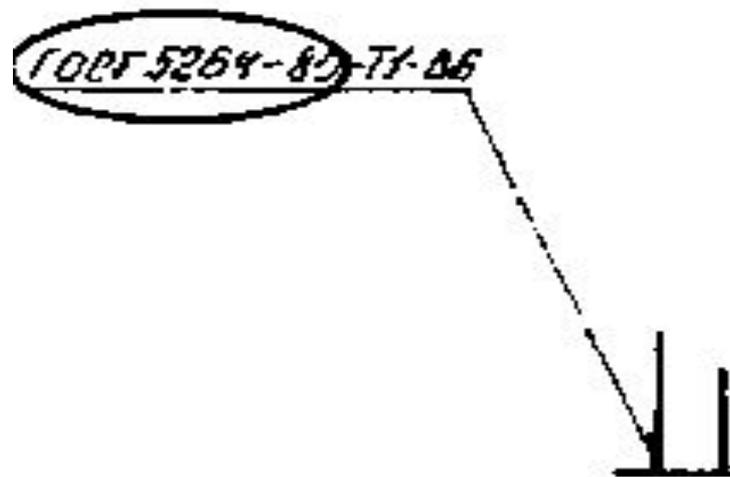
Масса узла-0,21 кг

					00.01.00.	
№ инв.	Дет.	М. пр.	Поз.	Дата	Мат.	Масса
					0,21	1:1
Упор						
Пр-р.						
Т. пр.						
Мат. пр.						
К. пр.						
Ут.						
см 20					ОГТ	

□ — определите габариты конструкции; высота  $50 \pm 0,5$  мм, ширина — 45 мм, длина — 100 мм

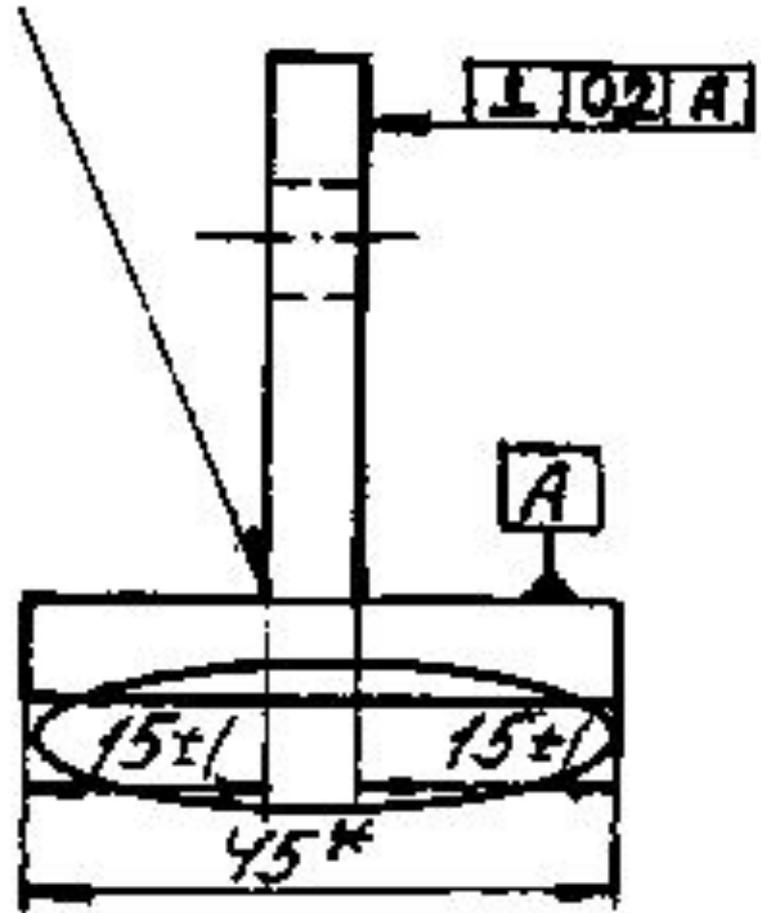


- — определите вид сварки; ГОСТ 5264-80 определяет вид сварки — ручная электродуговая
- — определите тип сварного соединения, вид и размеры сварного шва; Т1-, 6 — детали имеют тавровое сварное соединение, шов односторонний с катетом 6 мм



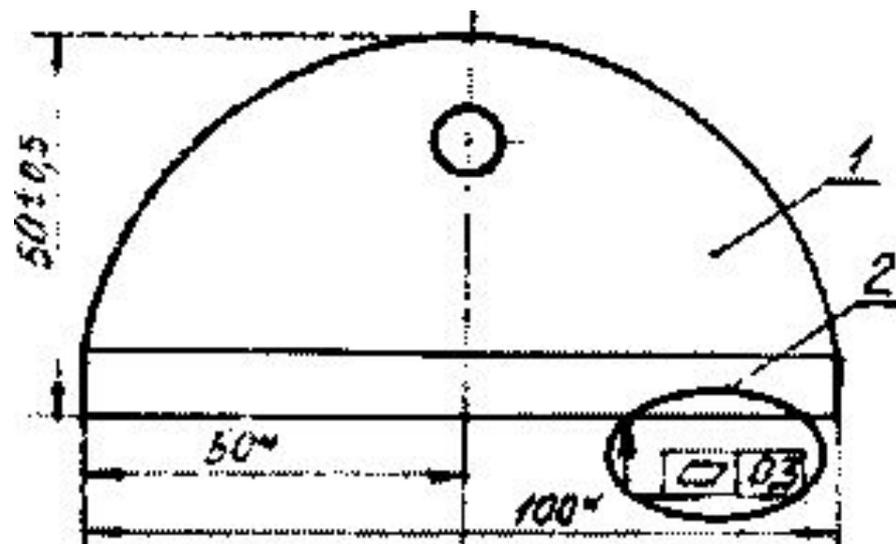
# Определите размерную точность сборки

- размеры  $15 \pm 1$  мм определяют поле допуска размещения упора (поз. 1) относительно пластины (поз. 2) 1 мм



# Определите допуски формы и расположения поверхностей

- Обозначение  говорит о том, что после сварки узла нижняя плоскость пластины упора по всей поверхности может иметь отклонение плоскостности не более 0,3 мм



# Допуск плоскостности может быть обеспечен:

- жесткостью конструкции пластины (поз. 2)
- жестким закреплением пластины (поз. 2) в приспособлении
- правкой готового изделия.
- Мероприятия по обеспечению плоскостности оговариваются в технологической карте.
-   
Обозначение говорит о том, что перпендикулярность упора (поз. 1) относительно плоскости А может иметь отклонение не более 0,2 мм;

# Изучите технические требования по сборке и контролю узла

Технические требования:

- 1.Сварку производить электродами типа Э42А.
- 2.Клеймить изделие клеймом сварщика на поз. 2.
- 3.\* Размеры для справок.

Размеры 100\*, 50\*, 45\* являются справочными и не имеют определенного значения для сборки узла, а служат для определения габаритов и взаимного расположения деталей.

# **Производственная и технологическая документация**

# Технологическая документация

- Оформление технологической документации производится в соответствии с требованиями единой системы технологической документации (ЕСТД)
- Комплект документов технологического процесса — это совокупность технологических документов, необходимых для выполнения технологического процесса изготовления изделия
- К основным технологическим документам относятся технологическая инструкция и карта технологического процесса

Технологическая документация

```
graph TD; A[Технологическая документация] --> B[Технологическая инструкция]; A --> C[Карта технологического процесса];
```

Технологическая  
инструкция

Карта  
технологического  
процесса

# Технологическая инструкция (ТИ)

- технологический документ, содержащий описание приемов работы или технологических процессов изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение), правила эксплуатации средств технологического оснащения, описание физических и химических явлений, возникающих при отдельных операциях

ЗАО "Сигнал"

"Утверждаю"  
 Главный инженер  
 В.А. Иванов  
 25 июня 1999 г.

Правила электродуговой  
 сварки

Инструкция ТИ. 24.06.30.0097-99

Срок действия: до 01.07.2004 г.

Согласовано:

Начальник ОТ  
 С.В. Петров  
 21.06.1999 г.

Главный сварщик  
 А.М. Торос

Начальник ОТБ  
 А.В. Крусов  
 24.06.1999 г.

Начальник БНС  
 Д.Г. Рахович  
 25.06.1999 г.

Исполнитель: [подпись] Начальник ОТБ

ТИ 24.06.30.0097-99

№	Имя	Подпись	Дата

Правила электродуговой сварки

# Технологическая инструкция может

- Вводная часть
- Включать следующие разделы:
- Сварочные материалы
- Подготовка деталей под сварку
- Техника сварки
- Контроль и исправление дефектов
- Дефекты сварки и причины их образования
- Допустимые дефекты сварных швов
- Техника безопасности

# Карта технологического процесса (КТП)

- производственный документ, представляющий весь ход процесса сборки — сварки и обработки данного изделия с разбивкой его на отдельные операции с подробным указанием применяемого оборудования, приспособления, инструмента, технологических режимов и потребляемого времени (пример карты технологического процесса сварочно-сборочных работ см. ниже)

# Операционно-технологическая карта сварки

№

Операционная технологическая карта сборки и сварки стыковых соединений труб, выполняемых электродами с основным видом

Объект строительства		Тип трубопровода			Диаметр	Километраж	Стыкуемые элементы	Шифр карты
Нефтегазодобывающее оборудование		НГДО (1,3,12)			108-530мм	—	Труба + труба	РД-1-32СО0С17
Характеристика труб					Сварочные материалы		Формы разделки кромок и сварного шва	Предварительный подогрев
Номер ТУ, ГОСТа, Марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативный предел прочности, МПа	Электроды Типа Э50А По ГОСТ 9467-75 (Е7016 по AWS А5.1) Диаметр 2,6/3,2 мм (корневой слой шва), Диаметром 3,0/3,2 мм и 4,0 мм Заполняющий и облицовочные слои шва		Для труб с толщиной стенки 4-12 мм – не требуется. При температуре окружающего воздуха менее +5 температура кромок должна быть не менее +50, но не более +200.	
Труба ГОСТ 8733-74 Ст. 20	108-530	3-12	К42	412				0,42-0,46
Режимы сварки					Дополнительные требования и рекомендации			
Сварочные слои	Марка электрода	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	1) Для выполнения сварных соединений следует использовать трубы одинаковой толщины стенок. Допускается соединение труб с разной нормативной толщиной стенок до 1 мм, если максимальное соотношение двух соединяемых толщин превышает 1,2 мм, и труб с разностью нормативных толщин стенок 2,5 мм, максимальная из двух соединяемых толщин 5,12 мм. 2) Сборку рекомендуется выполнять без прихваток. В случае сборки с прихватками их количество			
Корневой	LB37U	3,0-3,2	Положительная	70-90 90-110				

# Чтение технологической документации

pptPlex Section Divider

The slides after this divider will be grouped into a section and given the label you type above. Feel free to move this slide to any position in the deck.

# Чтение технологической документации

Технологическую инструкцию необходимо внимательно изучить в следующих случаях:

- перед началом выполнения соответствующей технологической операции
- при переходе на другую технологическую операцию
- при длительном перерыве в работе
- при аттестации и переаттестации на рабочем месте

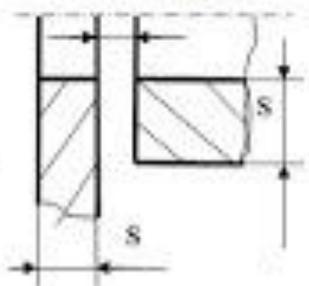
# Последовательность чтения

- изучите содержание технологической инструкции
- ознакомьтесь со всеми ее разделами
- определите разделы, касающиеся технологической операции, которую необходимо выполнить; внимательно изучите эти разделы
  
- Сварщик не должен изучать всю технологическую инструкцию, но обязан знать разделы, описывающие операции, которые необходимо выполнить

.

# Последовательность изучения карты сварочно-сборочных работ

- изучите сборочный чертеж и спецификацию, представленные на карте (см. раздел 2 данного учебного элемента);
- изучите операции, которые необходимо выполнить (см. графу «Наименование и содержание операции»)

Операционная технологическая карта сборки и сварки стыков прямых арезок труб, выполняемых электродами с основным видом покрытия							
Объект строительства		Тип трубопровода		Диаметр	Километраж	Стыкуемые элементы	Шифр карты
Нефтегазодобывающее оборудование		НД ДО (1,3,12)		До 25 мм	—	Труба + труба	РД-1-11У00/У17
Характеристика труб				Сварочные материалы		Форма разделки кромок и сварного шва	Предварительный подогрев
Номер ТУ, ГОСТ, Марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативный предел прочности МПа	Эквивалент углерода %	I-VI 	Для труб с толщиной стенки 4-12 мм – не требуется. При температуре окружающего воздуха менее +5 температура кромок должна быть не менее +50, но не более +200.
Труба ГОСТ 8733-74 Ст 20	До 25	До 3	K42	412	0,42-0,46	Электроды Типа Э50А По ГОСТ 9467-75 (Е7016 по AWS А5.1) Диаметр 2,6/3,2 мм (мармеловой слой шва), Диаметр арн 3,0/3,2 мм и 4,0 мм Завальцованный и обвальцовочные слои шва	
Режимы сварки				Дополнительные требования и рекомендации			
Сварочный шов	Марка электрода	Диаметр мм	Получность	Сварочный ток, А	1) При сборке труб с одинаковой толщиной стенки допускается смещение кромок до 20%, но не более 3 мм. Соединение разнотолщинных труб одного диаметра допускается если разность толщин стенок менее 2,5 мм. При большой разнице толщин между трубами сваривают оставшие промежуточные толшины длиной не менее 250 мм. При разнотолщинности до 1,5 допускается сборка труб при условии, если в разнотолщинном месте вольфрамовый электрод выводится в зазор между трубными стенками от 10° до 20°.		

- определите оборудование, приспособление, инструмент, электроды, которые необходимо использовать для выполнения каждой операции, а также режимы сварки, размеры получаемого сварного шва и время, за которое необходимо выполнить данную операцию (например, см. рисунок).

Время на выполнение данной операции — 0,28 мин.

Оборудование — сварочный выпрямитель ВД — 306

Размеры сварного шва:  
катет — 6 мм, длина шва — 40 мм



Операция № 4

Электроды — УОНИ-13/45

Наименование и содержание операции

Режимы сварки:  
сварочный ток  $I_{св} = 160-210$  А,  
напряжение  $U_{д} = 22-26$  В

# Контрольные вопросы

1. К конструкторским документам относятся:

- а) чертеж детали;
- б) технические требования;
- в) карта технологического процесса.

2. На сборочном чертеже указывают:

- а) технические требования;
- б) химический состав свариваемого материала;
- в) изображение сборочной единицы.

### 3. Разрез — это:

- а) изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями;
- б) изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями;
- в) вид спереди.

4. Предельные отклонения размеров детали указываются:

- а) условными обозначениями полей допусков;
- б) числовыми значениями предельных отклонений;
- в) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений.

5. К допускам формы относятся:

- а) допуск прямолинейности;
- б) допуск плоскостности;
- в) допуск перпендикулярности

6. При чтении рабочего чертежа в первую очередь определяют:

- а) требования по шероховатости поверхности;
- б) габариты изделия;
- в) тип сварного соединения, вид и размеры сварного шва.

## 7. К технологической документации относятся:

- а) спецификация;
- б) технологическая инструкция;
- в) карта технологического процесса.

8. В карте технологического процесса указывают:

- а) данные о режимах сварки;
- б) паспортные данные оборудования;
- в) приспособления и инструменты.

## 9. Технологическая инструкция содержит:

- а) описание приемов работы;
- б) описание физических и химических явлений;
- в) данные о режимах сварки.

10. По карте технологического процесса можно определить:

- а) необходимое сварочное оборудование;
- б) время на выполнение операции;
- в) средства пожаротушения.