

# Лекция 6

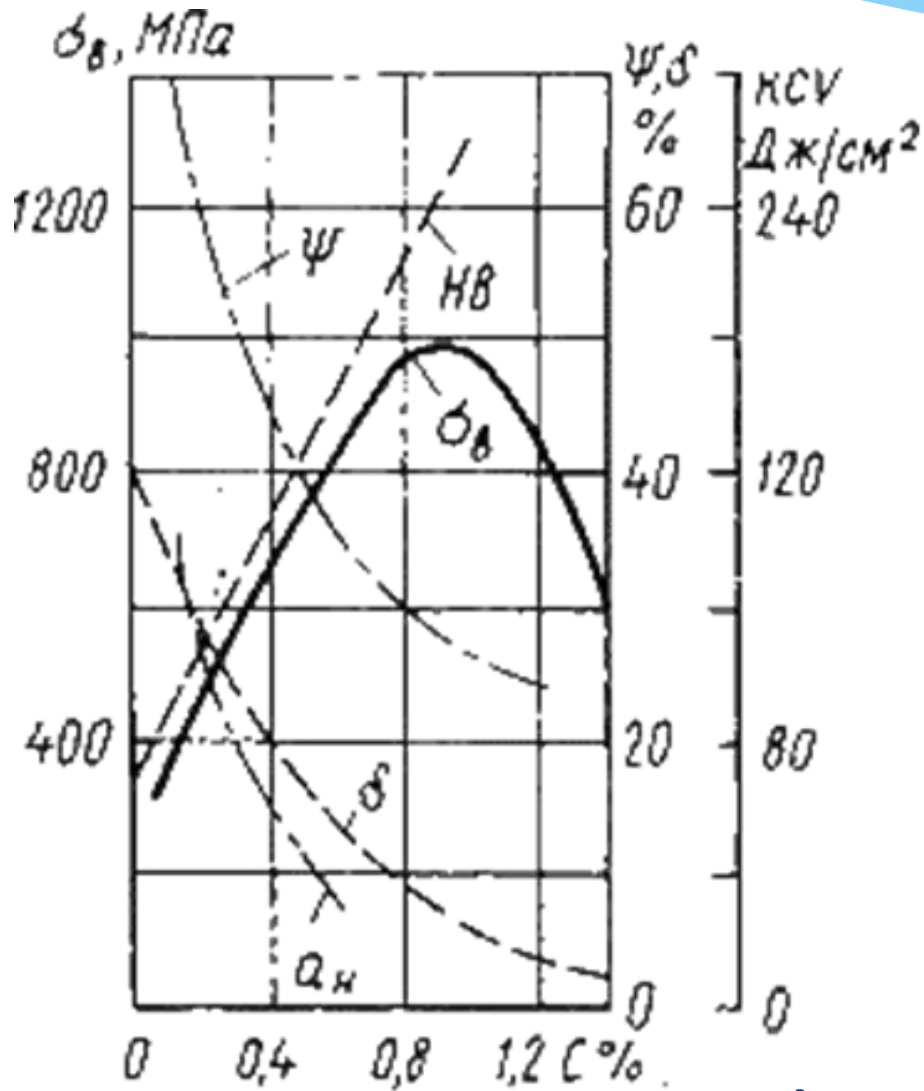
## «Углеродистые стали»

# Углеродистые стали

- \* Сталь – основной материал, широко применяемый в машиностроении, строительстве и других отраслях. Она сравнительно недорога и производится в больших количествах.

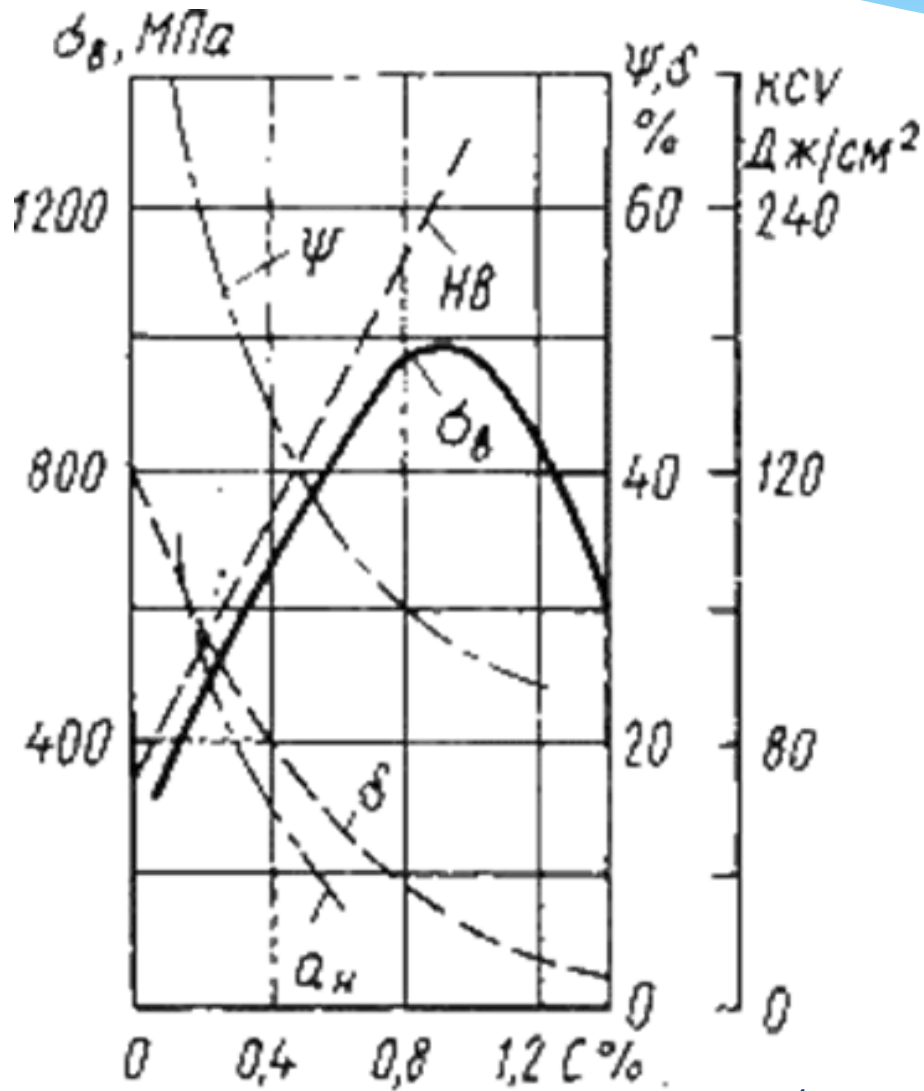


# Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали



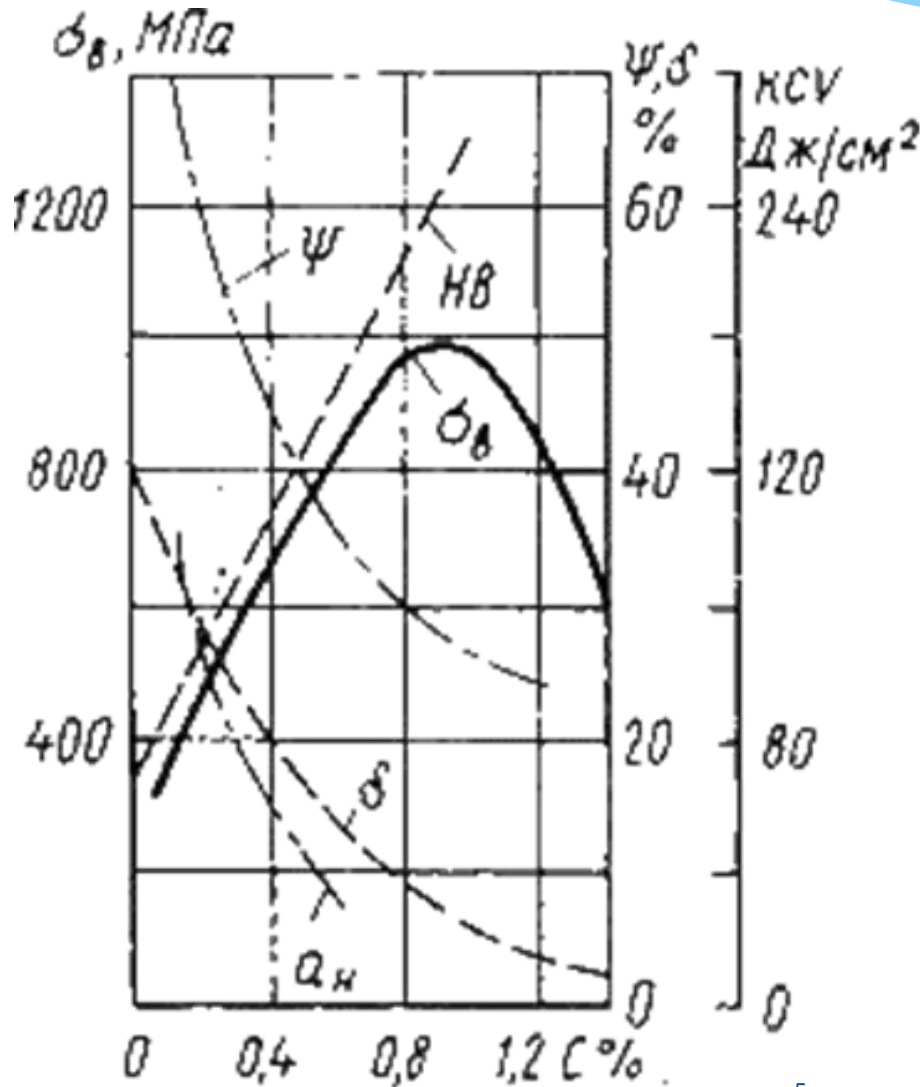
С увеличением в стали углерода возрастает твердость, временное сопротивление, предел текучести, но уменьшается относительное удлинение, относительное сужение, удельная вязкость.

# Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали



При содержании в стали углерода более 1% ее твердость возрастает, а временное сопротивление уменьшается. Это объясняется выделением по границам бывшего зерна аустенита вторичного цементита, образующего сплошную сетку. При испытаниях на растяжение в этой сетке возникают высокие напряжения и цементит, будучи хрупким разрушается.

# Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали

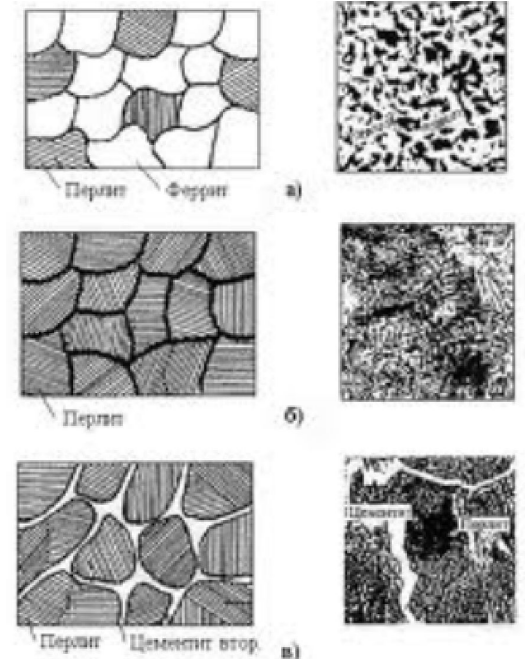


Увеличение содержания углерода сверх 0,4% и уменьшение ниже 0,3% приводит к ухудшению обрабатываемости резанием. Увеличение содержания углерода снижает технологическую пластичность стали при горячей и в особенности при холодной обработке давлением, ухудшает свариваемость.

# Углеродистые стали

\* **Углеродистая сталь** – многокомпонентный сплав, содержащий кроме железа и углерода ряд постоянных или неизбежных примесей : Mn , Si, S, P, O, N, H и др. которые оказывают влияние на ее свойства. Эти же примеси, только в больших количествах содержатся и в чугунах.

Структура стали, после медленного охлаждения состоит из феррита и цементита.



## ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА И КРЕМНИЯ

- \* Содержание кремния в виде примеси составляет обычно до 0,4%, марганца – до 0,5-0,8% .
- \* Марганец и кремний переходят в сталь в процессе ее раскисления при выплавке. Они раскисляют сталь, т.е с кислородом закиси железа  $FeO$  , в виде окислов переходят в шлак. Раскисление улучшает свойства сталей. Кремний, дегазируя металл, повышает плотность слитка.
- \* Кремний сильно повышает предел текучести стали.
- \* Марганец повышает прочность стали, не снижая ее пластичности.
- \* Марганец уменьшает вредное влияние серы и кислорода.

## ВЛИЯНИЕ СЕРЫ

- \* **Сера является вредной примесью.** Образуя с железом химическое соединение FeS и реагируя с железом оно образует легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 988 оС. Эвтектика образуется даже при очень малых количествах серы. Кристаллизуясь из жидкости, эвтектика располагается по границам зерен, при нагреве стали до температур прокатки иликовки (1000-12000) эвтектика расплавляется, нарушая связь между зернами.

В местах расположения эвтектики возникают надрывы и трещины. Это явление называется **красноломкость**



Т.е. марганец уменьшает красноломкость

- \* Сернистые соединения сильно снижают механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность.

**Содержание серы не должно превышать 0,035 – 0,06 %**



## ВЛИЯНИЕ ФОСФОРА

- \* Фосфор – вредная примесь.
  - \* Содержание его не должно превышать 0,025 – 0,045 %.  
Растворяясь в феррите, фосфор сильно искажает кристаллическую решетку, увеличивает временное сопротивление и снижает пластичность и вязкость.
- Фосфор обладает большой склонностью к ликвации.

# ВЛИЯНИЕ АЗОТА, КИСЛОРОДА и ВОДОРОДА

- \* Азот и кислород присутствуют в стали в виде хрупких неметаллических включений (например, окислов  $\text{FeO}$   $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ , нитридов, и др. ).
- \* Они являются концентраторами напряжений, сильно понижают предел выносливости, вязкость.
- \* Очень вредным является растворенный в стали водород, который сильно охрупчивает сталь. Он приводит к образованию в катанных заготовках и крупных поковках **флокенов**. Это очень тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид пятен – хлопьев серебристого цвета.. Флокены резко ухудшают свойства сталей. Металл, имеющий флокены нельзя использовать в промышленности.

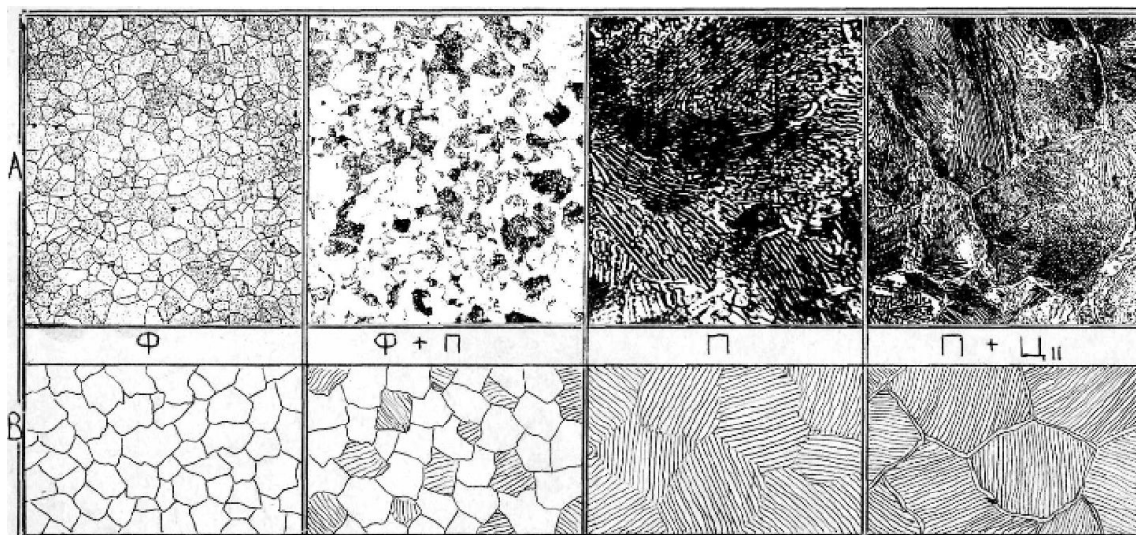
# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ



# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

1. по химическому составу они могут быть:

- \* -низкоуглеродистыми ( менее 0,3 % C)
- \* -среднеуглеродистые ( 0,3-0,6 % C)
- \* -высокоуглеродистые ( свыше 0,7 % C)



# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

## 2. по качеству:

- \* -стали обыкновенного качества
- \* -качественные
- \* -высококачественные
  
- \* Под *качеством стали* понимают совокупность свойств, определяемых металлургическим процессом ее производства.
- \* Это и однородность химического состава, строения, свойств, а также ее технологичность – все это зависит от содержания в стали газов – кислорода, азота и водорода, а также таких вредных примесей как сера и фосфор.

# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

## Нормы содержания

- \* Стали обыкновенного качества содержат до 0,06% серы и 0,07 % фосфора
- \* Качественные стали - не более 0,04 % серы и 0,03 % фосфора
- \* Высококачественные - не более 0,025 % серы и 0,025 % фосфора
- \* Особовысококачественные - не более 0,015 % серы и 0,025 % фосфора

**3. По способу производства:  
стали подразделяются на:**

- \* Бессемеровскую**
- \* Мартеновскую**
- \* Кислородно-конвертерную**
- \* Электростали**

# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

## \* 4. По способу раскисления и характеру затвердевания

\* -Спокойные (СП)

\* -Полуспокойные (ПС)

\* -Кипящие (КП)

\* **Раскисление** – это процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый для предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации.

\* Спокойные стали – раскисляют марганцем, кремнием, алюминием. Они содержат мало кислорода и затвердевают спокойно без газовыделений.

\* **Кипящие стали** – раскисляют только марганцем. Перед разливкой в них содержится повышенное количество кислорода, который при затвердевании, частично взаимодействия с углеродом, удаляется в виде CO. Выделение пузырей CO создает впечатление кипения стали, с чем и связано ее название.

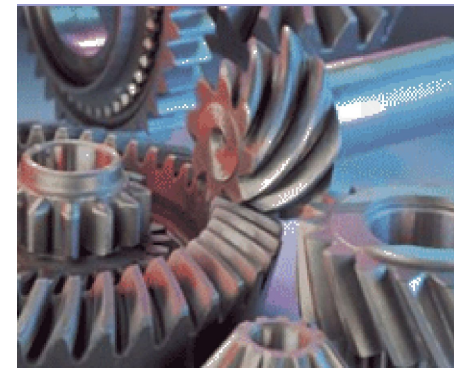
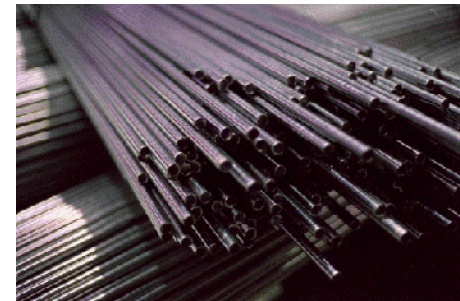
\* Кипящие стали дешевы и практически без кремния, но с повышенным количеством газообразных примесей.

\* **Полуспокойные стали** – промежуточные между КП и СП.



# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

- \* **5. По назначению стали подразделяются на:**
- \* **-конструкционные** – (идущие для изготовления деталей машин и приборов, конструкций, подвергающихся механическим нагрузкам). Основное требование, предъявляемое к ним – конструкционная прочность. Как правило, они содержат до 0,6 % С
- \* **-инструментальные** – ( идущие для изготовления инструментов) Главное требование – высокая твердость и износостойкость. Содержание углерода в них как правило более 0,6% С.



# КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

- \* На долю углеродистых сталей приходится 80% от общего объема . Это объясняется тем, что данные стали относительно дешевы и сочетают удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемость резанием и давлением.
- \* Углеродистые стали выпускаются обыкновенного качества и высококачественные.

# УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

- \* Эти стали выпускают по ГОСТ 380-94.
- \* Они наиболее дешевы, в них допускается повышенное содержание вредных примесей, а также газонасыщенность и загрязненность неметаллическими включениями.

Углеродистую сталь обыкновенного качества изготавливают следующих марок:

Ст0	Ст1кп	Ст2кп	Ст3кп	Ст4 кп	Ст5пс	Ст6 пс
	Ст1 пс	Ст2пс	Ст3пс	Ст4пс	Ст5сп	Ст6сп
	Ст1сп	Ст2сп	Ст3сп	Ст4сп	Ст5Гпс	
			Ст3Гпс			
			Ст3Гсп			

- \* Буквы Ст – обозначают «сталь», цифра – условный номер марки в зависимости от химического состава, кп,сп, пс – степень раскисления.

# УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

Марка стали	Массовая доля элементов		
	Углерод	Марганец	Кремний
Ст0	Не более 0,23	-	-
Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст1пс	-«-	-«-	0,05-0,15
Ст1сп	-«-	-«-	0,15-0,30
Ст2кп	0,09-0,15	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст2пс	-«-	-«-	0,05-0,15
Ст2сп	-«-	-«-	0,15-0,30
Ст3кп	0,14-0,20	0,30-0,60	Не более 0,05
Ст3пс	-«-	0,40-0,65	0,05-0,15
Ст3сп	-«-	0,40-0,65	0,15-0,30
Ст3Гпс	-«-	0,8-1,1	не более 0,15
Ст3Гсп	-«-	0,8-1,1	0,15-0,30
Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70	Не более 0,05
Ст4пс			0,05-0,15
Ст4сп			0,15-0,30
Ст5пс	0,28-0,37	0,5-0,8	0,05-0,15
Ст5сп	0,28-0,37	-«-	0,15-0,30
Ст5Гпс	0,22-0,30	0,8-1,2	не более 0,15
Ст6пс	0,38-0,49	0,5-0,8	0,05-0,15
Ст6сп	-«-	0,5-0,8	0,15-0,30

**В стали марки Ст0 – массовая доля марганца и кремния не нормируется**  
**Массовая доля серы в стали всех марок, кроме Ст0, должна быть не более 0,050 %, фосфора – не более 0,040 %.**

# УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

- \* Из сталей обыкновенного качества изготавливается горячекатанный рядовой прокат: балки, швеллеры, уголки прутки, а также листы, трубы, поковки.
- \* Эти стали в состоянии поставки широко применяются в строительстве для сварных, клепанных и болтовых конструкций, реже – для изготовления малонагруженных деталей машин (валы, оси, зубчатые колеса и др.)
- \* Кипящие стали, содержащие повышенное количество кислорода, имеют порог хладноломкости на 30-40 градусов выше, чем стали спокойные. Поэтому для ответственных сварных конструкций, а также работающих при низких климатических температурах применяют спокойные стали.



# УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

С повышением процента углерода свариваемость стали ухудшается.

Поэтому стали марок Ст5 и Ст6 применяют для элементов конструкций, не подвергаемых сварке.

## Свариваемость:

- \* -Хорошая – при С менее 0,3%С
- \* -Удовлетворительная – от 0,3 до 0,35 %С
- \* -Ограниченная – 0,4-0,5%С
- \* -Плохая – при С более 0,5%С



# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

## ГОСТ 1050-88

- \* Эти стали выплавляют с соблюдением более строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разливки. К ним предъявляют более высокие требования по хим. Составу и структуре.
- \* Содержание серы - не более 0,04 %
- \* фосфора – не более 0,035-0,04 %

# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

- \* Различают следующие марки качественных углеродистых сталей:

08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 49, 45, 50, 55, 60, 65

- \* Цифра – показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента
- \* Спокойные стали маркируются без индекса,, полуспокойные и кипящие с индексом- пс или кп.



# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

\* Низкоуглеродистые стали (С менее 0,25%)

05кп, 08,10,10кп – обладают невысокой прочностью и высокой пластичностью

\*  $\sigma = 330-340 \text{ Мпа}$  ,  $\delta = 33-31 \%$

\* Их без термической обработки применяют для малонагруженных деталей,. Эти стали в основном производят в виде тонкого листа, их можно использовать в автомобилестроении для деталей сложной формы, они легко штампуются из-за малого содержания углерода в них. Глубокая вытяжка из листа этих сталей применяется при изготовлении консервных банок, эмалированно



# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

- \* Стали 15,15кп,20,25 ( $\sigma = 380-460$  Мпа,  $\delta = 27-23$  %) применяют либо без термообработки или в нормализованном состоянии, а также для деталей упрочняемых цементацией. Они пластичны, хорошо свариваются и штампуются. Их используют для изготовления крепежных деталей, валиков, осей.



# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

- \* Среднеуглеродистые стали (0,3-0,5%С)
- \* 30,35,40,45,50,55 – применяются после термической обработки для самых разнообразных деталей во всех отраслях машиностроения – небольшие валы, шатуны, зубчатые колеса и детали, испытывающие циклические нагрузки.
- \* Так поле улучшения (закалка и высокий отпуск) сталь марки 45 имеет  $\sigma_B = 600-700\text{Мпа}$ .



# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДИСТОЙ КАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ

Марка стали	Содержание углерода	Механические свойства, не менее			
		МПа	МПа	%	НВ
08	0,05-0,01	330	200	33	131
10	0,07-0,14	340	210	31	143
15	0,12-0,19	380	230	27	149
20	0,17-0,24	420	250	25	163
30	0,27-0,35	500	300	21	179
40	0,37-0,45	580	340	19	217
50	0,47-0,55	640	380	14	241
60	0,57-0,65	690	410	12	255
70	0,67-0,75	730	430	9	269

# УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

## \* Высокоуглеродистые стали

60,65,70 – в основном используются для изготовления пружин и рессор, высокопрочной проволоки с высокой упругостью и износостойкостью. Их подвергают закалке и среднему отпуску.



# Инструментальные углеродистые стали

ГОСТ 1435-90

**У7,У8,У8АГ,У9,У10,У11,У12,У13**

**Маркируются буквой У и цифрами, показывающими среднюю массовую долю углерода в десятых долях % .**

**Г – повышенная массовая доля марганца**

# Инструментальные углеродистые стали

ГОСТ 1435-90

Данные стали классифицируют:

- \* 1. По химическому составу
- \* -качественные
- \* -высококачественные
- \* (серы 0,02 фосфора 0,02 )
- \* В марках высококачественных сталей добавляется буква «А»
- \* У7А,У8А,У8Г,У9А,У10А,У11А,У12А,У13А
- \* 2. По назначению
- \* для продукции всех видов, кроме п.2
- \* для патентованной проволоки и ленты
- \* для продукции всех видов, технология которой предусматривает многократный нагрев
- \* 3.По состоянию материала
- \* Без термообработки
- \* Термически обработанная –Т
- \* Нагартованная – Н
- \* 4.По способу дальнейшей обработки
- \* а. Для горячей обработки давлением
- \* б. Для холодной механической обработки

# Инструментальные углеродистые стали

## ГОСТ 1435-90

\* Пример условного обозначения:

У12-3-б-Т ГОСТ 1435-90

- \* Сталь марки У12, 3 группы- для продукции, технология изготовления которой предусматривает многократный нагрев, подгруппы б – для холодной механической обработки, термически обработанная.

Стали данной группы имеют небольшую прокаливаемость , из них изготавливают инструмент небольших размеров. Твердость их снижается при нагреве до 190-200 градусов С.

Это фрезы, зенкеры, ножовки, напильники, бритвы, острый хирургический инструмент.

Высококачественные стали имеют тоже назначение , что и качественные, но для инструмента с более тонкой режущей кромкой.





# Автоматные стали

## ГОСТ 1414-75

- \* Это стали с улучшенной обрабатываемостью резанием. Достигается это введением в конструкционную сталь серы, свинца, фосфора. Эти добавки и образуемые ими включения создают как бы внутреннюю смазку, снижающую в зоне резания трение между инструментом и стружкой и облегчающие измельчение стружки.
- \* Автоматные стали маркируют буквой «А»- автоматная, присутствие свинца обозначается С» «. Цифра – среднее содержание углерода в сотых долях процента
- \* Например, А11, А12, А20, А30, А35, А40Г, содержащих соответственно углерода – 0,11%, 0,12%, 0,2%, 0,3%, 0,4%
- \* Буква Г – указывает на присутствие марганца.
- \* АС14, АС40, АС35
- \*
  - \* Содержание Рв=0,15-0,35%
  - \* Марганца 0,7-1,55%
  - \* Серы 0,08-0,3%
  - \* Фосфора 0,05-0,15%

# Автоматные стали

## ГОСТ 1414-75

- \* Эти стали широко применяются на автомобильных заводах для изготовления многих деталей двигателей.
- \* При обработке автоматных сталей отсутствует налипание металла на инструмент, поверхность резания получается гладкая, блестящая.
- \* Однако, как известно, сера и фосфор снижают качество стали.
- \* Автоматным сталям свойственна анизотропия механических свойств, пониженная вязкость, пластичность и особенно сопротивление усталости . Это обстоятельство, а также низкая их коррозионная стойкость ограничивают их применение для изготовления ответственных деталей машин.
- \* Стали А11,А12,А20 используют для крепежных деталей, а также малонагруженных деталей сложных форм.

# Автоматные стали

## ГОСТ 1414-75

### \* Химический состав автоматных сталей

Марка стали	Содержание элементов					
	C	Mn	Si	S	P	Pb
A11	0,07-0,15	0,1	0,8-1,2	0,15-0,25	0,10	-
A20	0,17-0,24	0,7-1,0	0,15-0,35	0,08-0,15	0,06	-
A30	0,27-0,35	0,7-1,0	0,15-0,35	0,08-0,15	0,06	-
A40Г	0,37-0,45	1,2-1,55	0,15-0,35	0,18-0,3	0,05	-
АС14	0,1-0,17	1,0-1,3	0,12	0,15-0,20	0,05	0,15-0,3

- \* Применение автоматных сталей позволяет в 2-3 раза снизить расход инструмента и до 30% повысить производительность.