

# Классификация и маркировка сталей

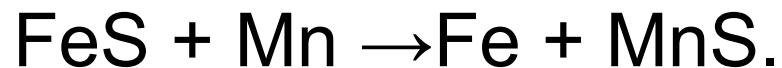
# Примеси и их влияние на свойства сталей

- **Постоянные примеси** (кремний, марганец, сера, фосфор) подразделяются на:
  - ✓ **вредные** (сера, фосфор и газы – кислород, азот и водород). **Скрытые примеси** – газы (азот, кислород, водород) – попадают в сталь при выплавке.
  - ✓ **полезные** (кремний, марганец)
- **Случайные примеси** (хром, никель, медь, олово, мышьяк и др.), число их невелико, они мало влияют на свойства.
- **Специальные примеси** – специально вводятся в сталь для получения заданных свойств. Примеси называются *легирующими элементами*, а стали - легированные сталями

- В стали массовая доля **фосфора**  $P = 0,025 - 0,045 \%$ .  
**фосфор**, растворяясь в феррите:
  - ✓ искажает кристаллическую решетку, увеличивает  $\sigma_B$  и  $\sigma_T$ ;
  - ✓ снижает пластичность и вязкость,
  - ✓ увеличивает температуру перехода в хрупкое состояние, вызывает хладоломкость, уменьшает работу распространения трещин, Повышение фосфора на каждую  $0,01 \%$  повышает порог хладоломкости на  $20...25^\circ C$ .
- **фосфор** обладает склонностью к ликвации, поэтому в центре слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость. В некоторых сталях для улучшения обрабатываемости резанием возможно увеличение массовой доли фосфора до  $0,10 - 0,15 \%$ .

- В сталях **S = 0,025 – 0,06 %**. Сера вредная примесь, попадает в сталь из чугуна, уменьшает :
  - ✓ механические свойства - ударную вязкость  $a_n$  и пластичность ( $\delta$  и  $\psi$ ), предел выносливости,
  - ✓ свариваемость и коррозионную стойкость.
- При взаимодействии с железом образует– **сульфид серы FeS**, который образует с железом легкоплавкую эвтектику с температурой плавления  $988^\circ\text{C}$ . При нагреве под прокатку или ковку ( $900\text{--}1150^\circ\text{C}$ ) эвтектика плавится, нарушаются связи между зернами. При деформации в местах расположения эвтектики возникают **надрывы и трещины**, заготовка разрушается – явление красноломкости.
- **Красноломкость** – повышение хрупкости при высоких температурах.

- **Красноломкость** отсутствует при массовой доле серы в стали  $\leq 0,025\%$ , т.к. эти количества растворяются в железе, не образуя сульфидов.
- **Красноломкость** устраняют введением в сталь марганца.
- **Марганец** восстанавливает железо из его **сульфида**, образуя тугоплавкий сульфид (температура плавления  $1620^{\circ}\text{C}$ ) в соответствии с реакцией



- Газы ухудшают свойства стали:
- ✓ Азот и кислород находятся в стали в виде хрупких включений - оксидов ( $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), нитридов ( $\text{Fe}_2\text{N}$ ); в виде твердого раствора или в свободном состоянии, располагаясь в дефектах.
- Примеси **внедрения** (азот N, кислород O) повышают **порог хладоломкости** и снижают сопротивление хрупкому разрушению. Неметаллические включения (оксиды, нитриды), являясь концентраторами напряжений, могут значительно понизить предел выносливости и вязкость.
- Очень вредным является растворенный в стали **водород**, который значительно охрупчивает сталь, и приводит к образованию в катаных заготовках и поковках **флокенов**.

- **Флокены** – тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид пятен – хлопьев серебристого цвета.
- **Металл с флокенами** нельзя использовать в промышленности, **при сварке образуются холодные трещины** в наплавленном и основном металле.
- Если водород находится в поверхностном слое, то он удаляется в результате нагрева при 150 – 180 °С, лучше в вакууме  $\sim 10^{-2} - 10^{-3}$  мм рт.ст. Для удаления скрытых примесей используют вакуумирование.

# Назначение легирующих элементов

- Основным элементом является хром (**0,8...1,2**)% - повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной **твердости стали**. Порог хладоломкости хромистых сталей - (0...-100) °С.
- Дополнительные легирующие элементы:
  - ✓ **Бор** – **0,003**%. Увеличивает прокаливаемость, повышает порог хладоломкости (+20...-60) °С.
  - **Mn** – увеличивает прокаливаемость, но содействует росту зерна, и повышает порог хладоломкости до (+40...-60) °С.
  - **Титан** (~0,1%) вводят для измельчения зерна в хромомарганцевой стали.
  - Введение **молибдена (0,15...0,46) %** в хромистые стали увеличивает прокаливаемость, снижает порог хладоломкости до -(20...-120) °С. **Молибден** увеличивает статическую, динамическую и усталостную прочность стали, устраняет склонность к внутреннему окислению. Кроме того, молибден снижает склонность к отпускной хрупкости сталей, содержащих никель.
  - **Ванадий** в количестве (**0,1...0,3**) % в хромистых сталях измельчает зерно и повышает прочность и вязкость.
  - Введение в хромистые стали **Ni** - повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладоломкости.
  - Добавка свинца, кальция – улучшает обрабатываемость резанием.



# Классификация сталей

- **По химическому составу:** углеродистые и легированные.
- **По содержанию углерода:** низкоуглеродистые - до 0,25 % углерода; среднеуглеродистые- 0,3...0,6 %С; высокоуглеродистые - выше **0,7 % С**.
- **По равновесной структуре:** доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные.
- **По качеству-** по содержанию вредных примесей **S** и **P**:
  - ✓ углеродистые стали обыкновенного качества,
  - ✓ качественные стали;
  - ✓ высококачественные стали.
- **По способу выплавки:** в мартеновских печах; в кислородных конверторах; в электрических печах: электродуговых, индукционных и др.
- **По назначению:**
  - ✓ конструкционные – для изготовления деталей машин и механизмов;
  - ✓ инструментальные –для изготовления различных инструментов;
  - ✓ специальные – стали с особыми свойствами (электротехнические, с особыми магнитными свойствами и др.)



Рис. 11. Классификация стали.

# Конструкционные углеродистые стали *обыкновенного качества* (ГОСТ 380)

Стали, содержащие повышенное количество серы и фосфора

- Ст – индекс данной группы стали.
- Цифры от **0** до **6** - это условный номер марки стали. С увеличением номера марки возрастает прочность и снижается пластичность стали.
- По гарантиям при поставке существует три группы сталей: **А**, **Б** и **В**:

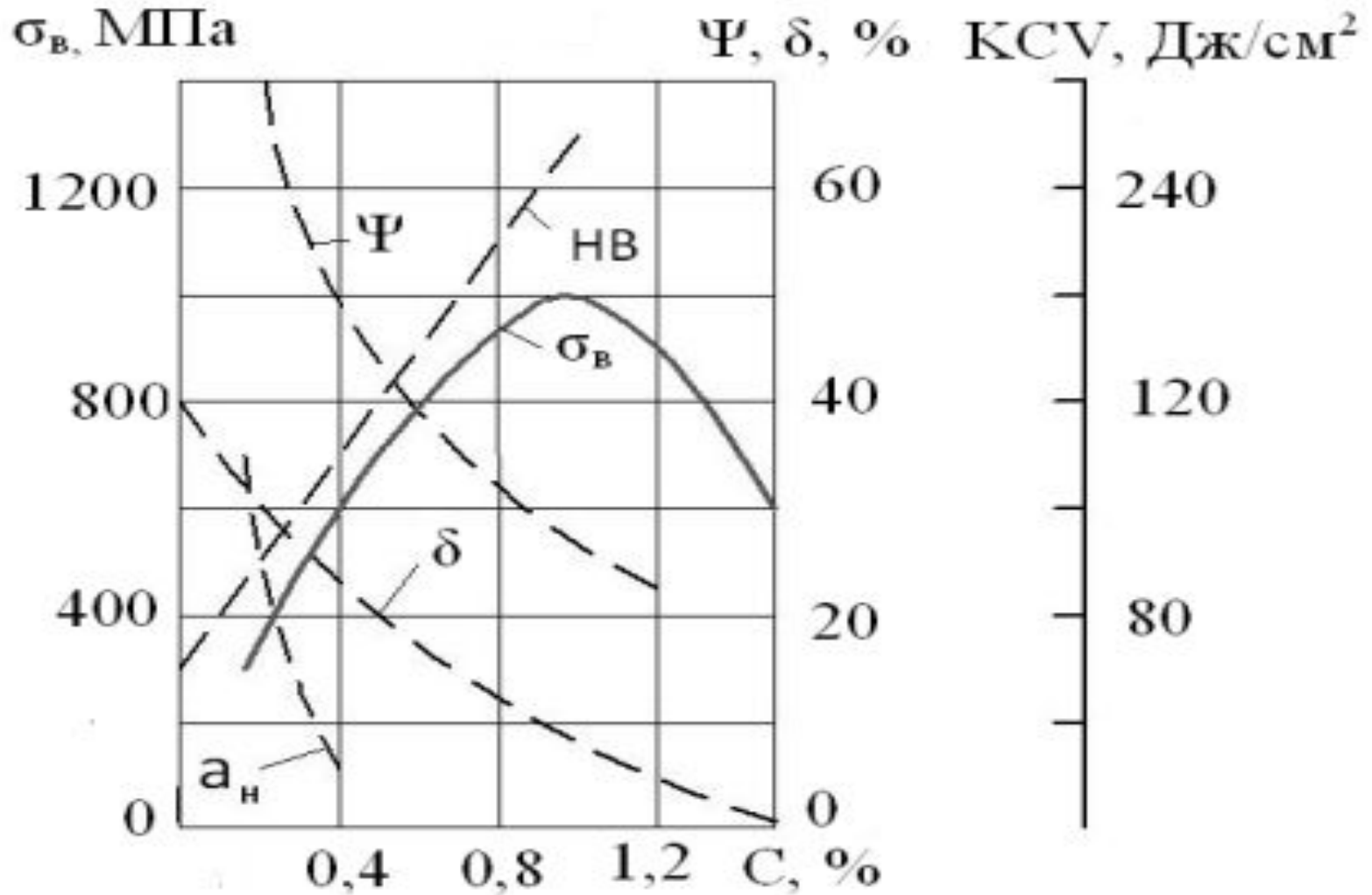
Для **группы А** при поставке гарантируются *механические свойства*, в обозначении индекс группы А не указывается. Ст0, Ст1, ... Ст6

Для **группы Б** гарантируется *химический состав*. БСт0, БСт1, ... БСт6

Для **группы В** при поставке гарантируются и *механические свойства*, и *химический состав*. ВСт0, ВСт1, ... ВСт6.

- Индексы **кп**, **пс**, **сп** указывают степень раскисленности стали: **кп** - кипящая, **пс** - полуспокойная, **сп** - спокойная.

# Углеродистые стали



Влияние углерода на свойства сталей

## **Конструкционные *качественные* стали**

В них содержание примесей не должно превышать 0,03%

Конструкционные качественные углеродистые стали маркируются двухзначным числом, указывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента, степень раскисленности указывается, если она отличается от спокойной.

- Сталь 08 кп, сталь 10 пс, сталь 45, сталь 85
- Содержание углерода в них, соответственно-  
0,08 %,      0,10 %,      0,45%,      0,85%

*В этих сортах стали гарантируются и химический состав, и механические свойства. Из них изготавливаются детали ответственного назначения*

## Инструментальные углеродистые стали

- Эти стали отличаются повышенным содержанием углерода (заэвтектические стали с содержанием углерода от 0.7 до 1.3%), что гарантирует высокую твердость.
- *Качественные инструментальные углеродистые стали* маркируются буквой У (углеродистая инструментальная сталь) и числом, указывающим содержание углерода в десятых долях процента. Сталь У8, сталь У13. Содержание углерода, соответственно - 0,8 % и 1,3 %.
- *Инструментальные высококачественные углеродистые стали* маркируются аналогично качественным инструментальным углеродистым сталям, только в конце марки ставят букву А, для обозначения высокого качества стали. Сталь У10А. У13А
- *Используются для изготовления режущего, ударно-штампового инструмента.*
- *Также существуют углеродистые стали специального назначения: для мостовых конструкций, рельсовая и т.п.*

# Легированные стали

Легированием стали можно получить заданные свойства: коррозионную стойкость, жаропрочность и др.

Большинство легированных сталей приобретают высокие механические свойства только после соответствующей термообработки.

*Низколегированные стали: до 2,5 % легирующих элементов*

*Среднелегированные: от 2,5 до 10%*

*Высоколегированные: выше 10%*

По назначению легированные стали делят на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.

Каждый легирующий элемент обозначается буквой

- Х – хром, Н – никель, М – молибден,
- В – вольфрам,
- К – кобальт, Т – титан,
- А – азот ( указывается в середине марки),
- Г – марганец, Д – медь, Ф – ванадий,
- С – кремний,
- П – фосфор, Р – бор, Б – ниобий, Ц – цирконий,
- Ю – алюминий.



## Маркировка легированных конструкционных сталей

- Сталь **15Х25Н19ВС2**. В начале марки указывается двухзначное число, показывающее содержание углерода в сотых долях процента.
- Далее перечисляются легирующие элементы. Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах,
- Если число не стоит, то содержание элемента не превышает **1,5 %**.
- В указанной марке стали содержится **0,15 % углерода, 25% хрома, 19 % никеля, до 1,5% вольфрама, до 2 % кремния.**
- Для обозначения высококачественных легированных сталей в **конце марки указывается символ А.**
-

## ***Легированные инструментальные стали***

- Сталь **9ХС**, сталь **ХВГ**. В начале марки указывается однозначное число, показывающее содержание **углерода в десятых долях процента**. При содержании **углерода не более 1 %**, число **не указывается**.
- Далее перечисляются легирующие элементы, с указанием их содержания.
- Некоторые стали имеют нестандартные обозначения.

## Быстрорежущие инструментальные стали

- Основной легирующий элемент – *вольфрам*.
- P – индекс данной группы сталей (от rapid – скорость).
- Содержание **углерода более 1%**.
- Число показывает содержание вольфрама.
- Сталь **P18** в указанной стали содержание **вольфрама – 18 %**.
- Если стали содержат легирующие элемент, то их содержание указывается после обозначения соответствующего элемента.

## Шарикоподшипниковые стали

- Сталь **ШХ6**, сталь **ШХ15ГС**
- **Ш** – индекс данной группы сталей.
- **Х** – указывает на наличие в стали хрома. Последующее **число** показывает содержание **хрома в десятых долях процента**, в указанных сталях, соответственно, **0,6 %** и **1,5 %**.
- Также указываются входящие в состав стали легирующие элементы.
- Содержание углерода более **1 %**.

## Коррозионностойкие (нержавеющие) стали

Основной легирующий элемент – хром

Содержание хрома не менее 12%. При таком содержании хрома образуется защитная оксидная пленка  $Cr_2O_3$ . Хромистые стали могут содержать Ni

Маркировка:

*X18H10 – содержание хрома 18%, никеля 10%*

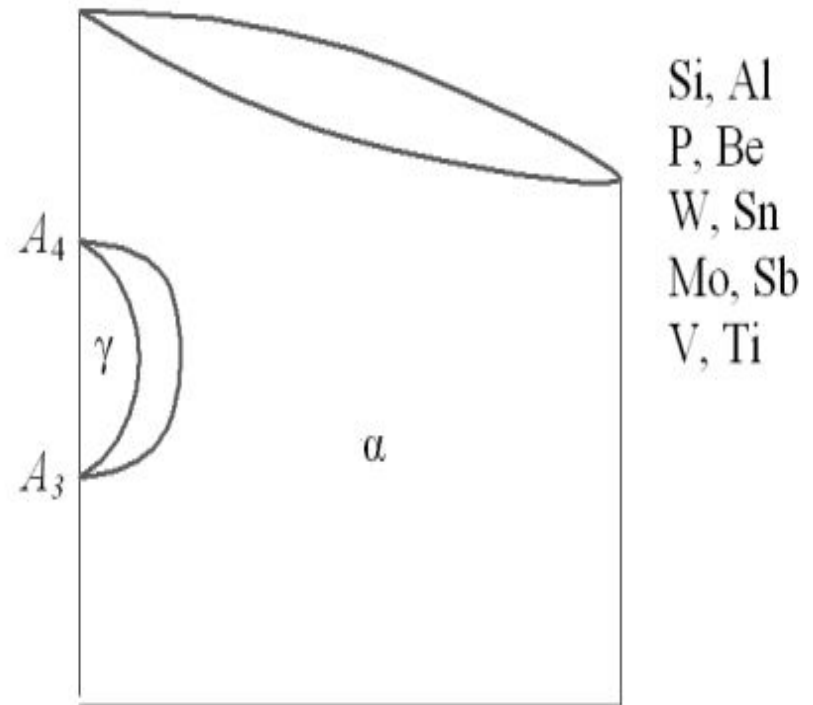
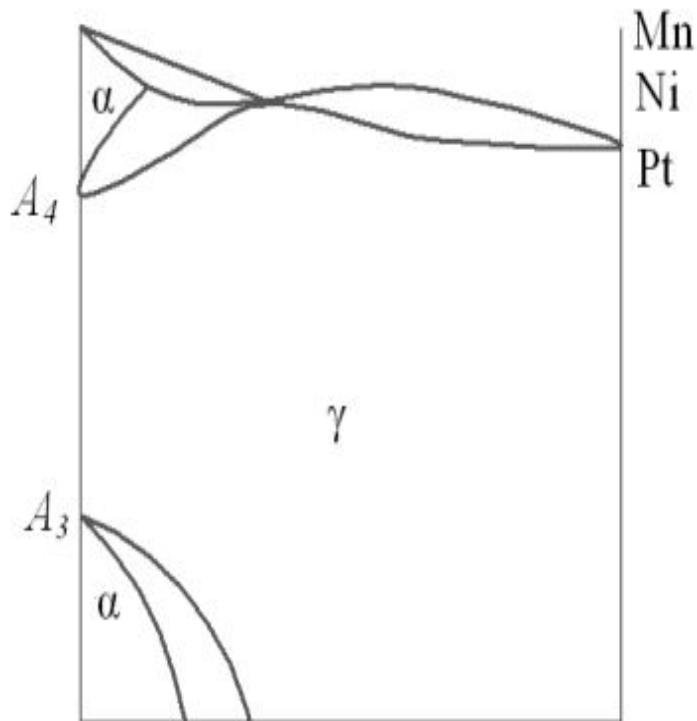
*OX18H10 – буква O говорит о том, что содержание углерода менее 0,08%*

*OOX18H10 – содержание углерода менее 0,04%*

*Такие стали могут работать в агрессивных средах.*

# Схема влияния легирующих элементов на полиморфизм железа:

**а** – расширяющие; **б** – сужающие области твердого раствора  $\gamma$



Содержание легирующего элемента, %

**а**

**б**

# Влияние легирующих элементов на превращение переохлажденного аустенита:

- а – некарбидообразующие элементы;
- б – карбидообразующие элементы;
- 1 – углеродистая сталь; 2 – легированная сталь

