



# ЛЕКЦИЯ № 4

## ЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ

### План лекции

- 1. Общие сведения*
- 2. Классификация легированной стали*
- 3. Принципы маркировки легированной стали  
общего назначения*
- 4. Легированная сталь специального назначения  
(с особыми механическими или  
технологическими свойствами)*
- 5. Легированная сталь с особыми физическими  
или химическими свойствами*

# 1 Общие сведения

## **1.1 Краткая характеристика легированной стали**

### **СТАЛЬ –**

*сплав железа с углеродом с содержанием углерода*

*от 0,02% до 2,14%.*

## 1.1 Краткая характеристика легированной стали

**Легированная сталь –  
сталь, содержащая  
добавки,  
специально вводимые  
для обеспечения  
требуемых свойств.**

## 1.1 Краткая характеристика

легированной стали

# ЛЕГИРОВАНИЕ

**введение в состав стали в процессе её производства химических элементов (легирующих компонентов) с целью получения требуемого комплекса свойств за счёт изменения внутреннего строения стали.**

## 1.1 Краткая характеристика легированной стали

# ЛЕГИРУЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ –

*химические элементы, специально вводимые в состав стали в процессе ее производства*

*с целью получения у неё требуемого комплекса свойств за счёт изменения внутреннего строения стали.*

# 1.1 Краткая характеристика легированной стали

**Легирующий** (лат.) –  
**облагораживающий.**

**Легирующими** считаются

**любые химические элементы** (кроме  
**основных: железа и углерода**), которые  
вносят значительные изменения в характер  
структурных превращений

**в стали при кристаллизации и, следовательно,**

**изменяют структуру, свойства и  
поведение стали в процессе обработки.**

## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.1 Марганец

***повышает:***

- прочность,
- износостойкость,
- глубину прокаливаемости стали при термической обработке;

***снижает:***

- подобно никелю, критическую скорость охлаждения (закалки),
- вязкость феррита.

## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.2 Кремний способствует:

- получению более однородной структуры,
- улучшению упругих характеристик стали,
- магнитным превращениям стали,
- приданию стали кислотоупорности  
(при содержании в количестве от 15 до 20 %),
- увеличению жаростойкости углеродистой и хромистой стали (например, сталь с 5% Cr и 1% Si в среде печных газов равнозначна по жаростойкости стали в 12 % Cr.),
- повышению устойчивости (стабильности) структуры стали при отпуске за счёт затруднения формирования и роста цементитных частиц посредством уменьшения подвижности углерода в феррите.



## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.3 Хром *повышает:*

- твёрдость,
- прочность,
- глубину прокаливаемости при термической обработке,
- жаропрочность,
- жаростойкость,
- теплостойкость инструментальной легированной стали,
- коррозионную стойкость (при содержании более 12%),
- электрическое сопротивление,
- количество остаточного аустенита при закалке в результате снижения точек мартенситного превращения (Mn и Мк).

## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.3 Хром

*снижает:*

- коэффициент линейного расширения,
- склонность к росту аустенитного зерна при нагреве,

*а также*

- замедляет процесс распада мартенсита.

## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.4 Никель *повышает:*

- прочность,
- износостойкость,
- глубину прокаливаемости стали при термической обработке,
- электросопротивление стали,
- жаропрочность,
- пластичность и вязкость стали (в отличие от марганца, упрочняя феррит, никель не снижает его вязкость),
- сопротивление стали хрупкому разрушению.

## 1.2 Влияние легирующих компонентов на свойства стали

### 1.2.4 Никель

***снижает:***

- критическую скорость охлаждения (закалки),
- значение коэффициента линейного расширения,
- температуру порога хладноломкости,
- чувствительность стали к концентраторам напряжений.

## 2 Классификация легированной стали

### 2.1 По суммарному содержанию легирующих компонентов

#### **2.1.1 Низколегированная**

(суммарное содержание легирующих компонентов до 2,5%)

#### **2.1.2 Среднелегированная**

(суммарное содержание легирующих компонентов от 2,5% до 10 %)

#### **2.1.3 Высоколегированная**

(суммарное содержание легирующих компонентов свыше 10 %)

## 2 Классификация легированной стали

### 2.2 По химическому составу

(в зависимости от входящих в состав стали легирующих компонентов):

- ❖ *хромистая (Cr),*
- ❖ *марганцовистая (Mn),*
- ❖ *хромоникелевая (Cr и Ni),*
- ❖ *хромоникельмолибденовая (Cr, Ni, Mo),*
- ❖ *хромкремнемарганцовистая*  
*(Cr, Si, Mn),*
- ❖ *и другие.*

# 2 Классификация легированной стали

## 2.3 По назначению

Общего назначения

### 2.3.1 Конструкционная

*машиностроительная* (детали, узлы механизмов и машин)

*строительная* (элементы и узлов строительных конструкций и сооружений)

### 2.3.2 Инструментальная для изготовления

*режущего инструмента* (резцы, сверла, фрезы, метчики и т.д.)

*мерительного инструмента* (штангенциркули, микрометры и т.д.)

*ударного инструмента* (штампы, бойки молота и т.д.)

### 2.3.3 Специального назначения

(с особыми **механическими** и **технологическими** свойствами)  
(автоматная, быстрорежущая, подшипниковая и пр.)

### 2.3.4 С особыми физическими и химическими свойствами

(коррозионно-стойкая) (окалиностойкая) (теплостойкая)

(нержавеющая, жаростойкая, жаропрочная и пр.)

## 2 Классификация легированной стали

### 2.4 По качеству

(по содержанию вредных примесей  
таких, как **серы** и **фосфор**)

#### **2.4.1** Качественная

(**S ≤ 0,035 %; P ≤ 0,04 %**)

#### **2.4.2** Высококачественная

(**S ≤ 0,025 %; P ≤ 0,025 %**)

#### **2.4.3**

**Особовысококачественная**

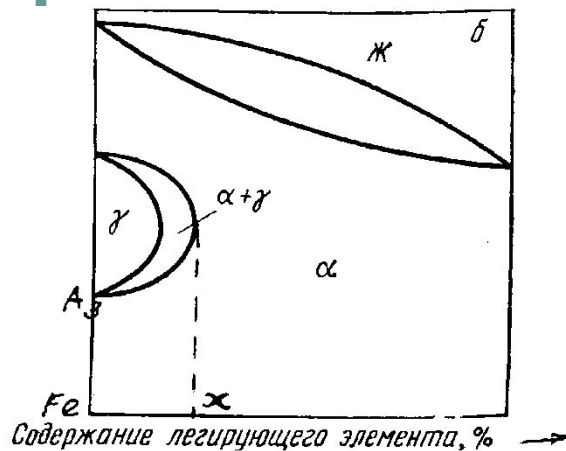
(**S ≤ 0,015 %; P ≤ 0,015 %**)



## 2 Классификация легированной стали

### 2.5 По структуре в нормализованном состоянии

(т.е. после охлаждения на воздухе)  
**2.5.1** Сталь ферритного класса



образуется при введении  
**Cr, Si, V и W**, расширяющих  
область  $\alpha$ -железа и сужаю-  
щих область  $\gamma$ -железа.

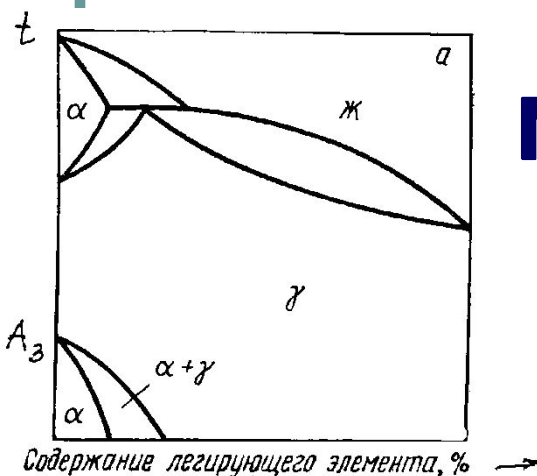
Структура стали преимущест-  
венно состоит из зёрен феррита и  
небольшого количества других фаз.

## 2 Классификация легированной стали

### 2.5 По структуре в нормализованном состоянии

#### *2.5.2 Сталь аустенитного класса*

образуется при введении  
**Mn, Ni, Co и Cu**, расширяющих  
область  $\gamma$ -железа (аустенита)  
до комнатной температуры.



Структура стали состоит  
преимущественно из зёрен  
аустенита.

## 2 Классификация легированной стали

### 2.5 По структуре в нормализованном состоянии

**2.5.3 Сталь перлитного класса**  
**образуется при введении Cr, Ni, Mg и Si,**  
**расширяющих область  $\gamma$ -железа и**  
**сужающих область  $\alpha$ -железа.**

*В большинстве это низко– и среднелегированные стали, структура которых состоит преимущественно из зёрен перлита и небольшого количества других фаз.*

## 2 Классификация легированной стали

### 2.5 По структуре в нормализованном состоянии

**2.5.4 Сталь мартенситного класса  
образуется при введении Cr, Ni, W.**

*В основном это средне- и большинство высоколегированных сталей с высокой устойчивостью переохлажденного аустенита к распаду, которые*

**при охлаждении на воздухе  
закалываются на мартенсит.**

## 2 Классификация легированной стали

### 2.5 По структуре в нормализованном состоянии

#### *2.5.5 Сталь ледебуритного (карбидного) класса*

*Как правило, это инструментальные и штамповые стали, содержащие карбидообразующие элементы (Mn, Cr, Mo, W, Nb, V, Zr и Ti), которые способствуют образованию в структуре стали*

**В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ карбидной  
эвтектики – ледебурита.**

### 3 Принципы маркировки легированной стали общего назначения

**14Г2АФ**

C ≈ 0,14%

Mn ≈ 2%

N ≈ 1%

V ≈ (0,1 ... 0,3)%

**09Х16Н16МВ2БР**

C ≈ 0,09%

Cr ≈ 16%

Ni ≈ 16%

Mo ≈ (0,1 ... 0,3)%

W ≈ 2%

Nb ≈ 1%

B ≈ 1%

**ХВЗМ-Ш**

C ≈ 1%

Cr ≈ 1%

W ≈ 3%

Mo ≈ (0,1 ... 0,3)%

особовысоко-  
качественная

**9Х5ВФА**

C ≈ 0,9%

Cr ≈ 5%

W ≈ 1%

V ≈ (0,1 ... 0,3)%

высоко-  
качественная

**8Н2ДЗЮ4АМ5А**

## 3.1 В начале марки СТОИТ ЧИСЛО

- **двузначное (две цифры):**
  - среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента,  
– сталь конструкционная;
- **однозначное (одна цифра):**
  - среднее содержание углерода в стали в десятых долях процента,  
– сталь инструментальная.

## 3.1 В начале марки СТОИТ ЧИСЛО

**Примечание:**

**если в начале марки  
число отсутствует, то:**

– среднее содержание  
углерода в стали около  
1 %,

–

сталь



### 3 Принципы маркировки легированной стали общего назначения

**3.2 Заглавными  
буквами русского  
алфавита  
*обозначаются***

**ЛЕГИРУЮЩИЕ  
КОМПОНЕНТЫ.**

### 3 Принципы маркировки легированной стали общего назначения

**По ГОСТ 4543-71 «Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия»:**

**А** – азот (**N**),

**Б** – ниобий (**Nb**),

**В** – вольфрам (**W**),

**Г** – марганец (**Mn**),

**Д** – медь (**Cu**),

**Е** – селен (**Se**),

**К** – кобальт (**Co**),

**М** – молибден (**Mo**),

**Н** – никель (**Ni**),

**П** – фосфор (**P**),

**Р** – бор (**B**),

**С** – кремний (**Si**),

**Т** – титан (**Ti**),

**Ф** – ванадий (**V**),

**Х** – хром (**Cr**),

**Ц** – цирконий (**Zr**),

**Ч** – редкоземельные  
металлы (лантаноиды),

**Ю** – алюминий (**Al**).

3 Принципы маркировки легированной стали  
общего назначения

## 3.3 Число после буквы

*показывает*

**среднее содержание**

**обозначенного легирующего**

**компонента**

*в целых процентах.*

## 3.3 Число после буквы

**Примечание:**

**если после буквы**

**число отсутствует, то:**

– среднее содержание

обозначенного

легирующего компонента

около 1 %,

3 Принципы маркировки легированной стали  
общего назначения

**3.4 Буква в конце  
марки обозначает**

**КАЧЕСТВО СТАЛИ:**

— Ш —

**особо высококачествен**

**ная;**

# 4 Легированная сталь специального назначения

## 4.1 Автоматная сталь

– **сталь** повышенной обрабатываемости резанием.

Специально создана для изготовления массовых деталей, к материалу которых не предъявляется высоких требований по механическим свойствам,  
*но которые должны с высокой степенью технологичности и высокой производительностью изготавливаться*  
**на металлорежущих станках-автоматах**  
с высокими требованиями по размерам и чистоте поверхностей детали.

# 4.1 Автоматная сталь

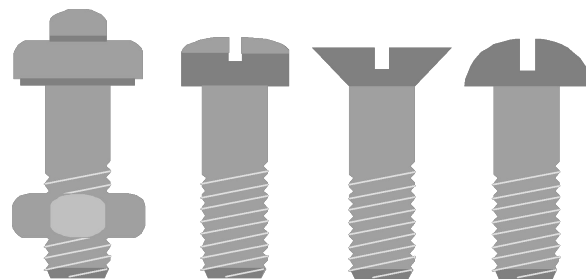
## Применение:

изготовление деталей сложной конфигурации  
неответственного назначения, от которых  
требуется высокая точность размеров и  
особо чистая и гладкая поверхность,

например

### ☐ крепёжные детали:

- болты,
- гайки,
- вкладыши и др.;



### ☐ детали двигателей:

- червяк рулевого управления,
- валик масляного насоса,
- др. небольшие по габаритам детали.

# 4.1 Автоматная сталь

## Свойства:

**1) Введение в сталь присадок S, Se, Ca, Pb:**

- понижает ее конструктивную прочность,
- уменьшает предел выносливости после цементации до 40 %.

**2) Повышенное содержание серы от 0,08 до 0,3 % приводит к**

- повышению анизотропии механических свойств.

**3) Благодаря добавке свинца от 0,15 до 0,3 %**

- повышается обрабатываемость резанием на станках-автоматах при средних и пониженных скоростях резания (до 100 об/мин).

**4) Кальций вводится в виде силикокальция, глобулирует сульфидные включения, которые также способствуют**

- повышению обрабатываемости резанием стали.



# 4.1 Автоматная сталь

## Принципы маркировки:

по ГОСТ **1414-75** «Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия»:

- ❖ **в начале марки** стоит буква **A**;
- ❖ далее **число**, показывающее **содержание углерода** в сотых долях процента;
- ❖ буква **C** обозначает, что сталь легирована **свинцом** в пределах **(0,15 ... 0,3) %**;
- ❖ **буквы и числа в конце марки**, обозначают другие **легирующие компоненты** и их **содержание** в процентах.

# 4.1 Автоматная сталь

## Примеры маркировки:

**АС11** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,11 \%$  и  $Pb = (0,15 \dots 0,3) \%$ ;

**АС14** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,14 \%$  и  $Pb = (0,15 \dots 0,3) \%$ ;  
**А12Г** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,12 \%$  и  $Mn \approx 1 \%$ ;

**АС38Г2** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,38 \%$ ,  
 $Pb = (0,15 \dots 0,3) \%$  и  $Mn \approx 2 \%$ ;

**А40ХЕ** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,40 \%$ ,  
 $Cr \approx 1 \%$ ,  $Se \approx 1 \%$ ;

**АС30ХМ** – автоматная сталь с содержанием  $C \approx 0,3 \%$

# 4 Легированная сталь специального назначения

## 4.2 Быстрорежущая сталь

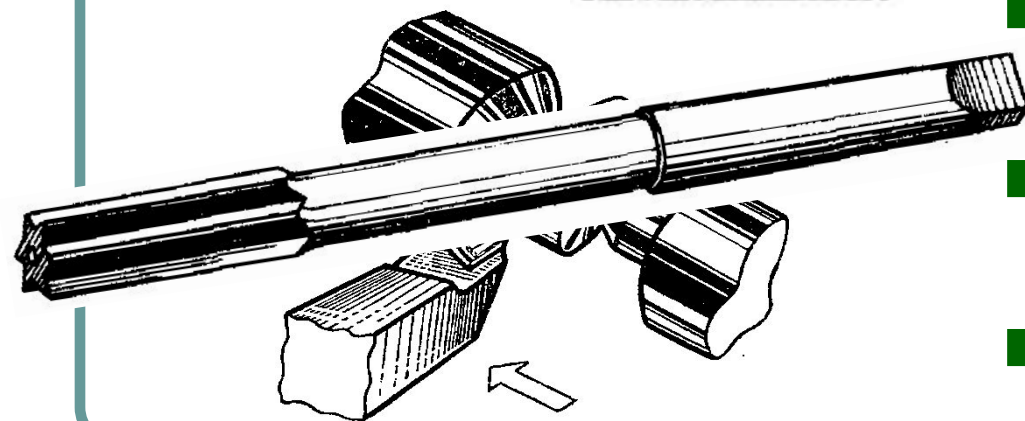
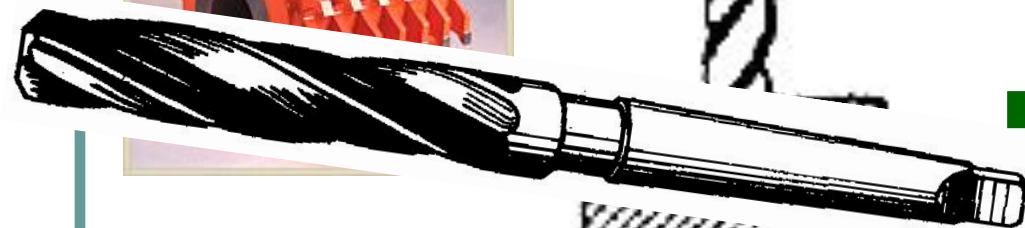
**Применение:** для изготовления  
**режущего инструмента,**  
обладающего большой твёрдостью  
и работающего при высоких  
скоростях резания:

- $V_{доп}$  до 30 м/мин (без СОЖ);
- $V_{доп}$  до 50 м/мин (с применением СОЖ).

## 4.2 Быстрорежущая сталь

### Применение:

- **резцы;**
- **свёрла,**
- **фрезы,**
- **зенкера,**
- **развёртки**
- **и другие.**



## 4.2 Быстрорежущая сталь

### Свойства:

✓ **высокая износостойкость,**

✓ **высокая теплостойкость (красностойкость),**

т.е. способность сохранять **высокую твёрдость** и стойкость режущей кромки инструментов при нагреве вплоть до **600 °С**, что обеспечивает высокую стойкость режущего инструмента в условиях высокоскоростных и высокопроизводительных режимах резания (**скорость резания в 2 ... 3** раза выше, чем у углеродистой инструментальной стали);

✓ **высокая твёрдость (HRC 62 ... 65),**

которая достигается в процессе особого режима термообработки:

**закалки с температуры (1210 ... 1290) °С** в зависимости от марки стали с последующей **выдержкой от 2 до 5 минут** и **охлаждением в масле, расплавах солей и щелочей;**

# 4.2 Быстрорежущая сталь

## Принципы маркировки:

по ГОСТ 19265-73

«Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия»

- ❖ в начале марки стоит буква **R**;
- ❖ для обозначения содержания легирующего компонента стали была старая вольфрама (в процентах):  
английская марка, которую в России называли режущей сталью;
- ❖ далее **буквы**, обозначающие дополнительные легирующие элементы;  
(от *rapid* – скорый, быстрый);
- ❖ **число** после буквы, показывает содержание отсюда и русская буква **Р** в маркировке стали;
- ❖ среднее **содержание углерода**  
в любой марке **около 1%**.

## 4.2 Быстрорежущая сталь

### Примеры маркировки:

**P18** – быстрорежущая сталь, с содержанием  
C  $\approx 1\%$ , W  
 $\approx 18\%$ ;

**P9** – быстрорежущая сталь, с содержанием C  
 $\approx 1\%$ , W  $\approx 9\%$ ;

**P6M5** – быстрорежущая сталь, с  
содержани  
ем C  $\approx 1\%$ ,

W  $\approx 6\%$

## 4 Легированная сталь специального назначения

### 4.3 Подшипниковая сталь

Применение: изготовление



**шариков  
и роликов**



**в подшипниках.**



## 4.3 Подшипниковая сталь

### Свойства:

- **высокие антифрикционные свойства** (Высокая стойкость к истиранию);
- **высокая твердость** (не ниже HRC 62),  
которая достигается в процессе термообработки:  
**закалке** при нагреве до температуры от 830 °С до 840 °С с последующим **низкотемпературным отпуском** при температуре от 160 °С до 200 °С.

## 4.3 Подшипниковая сталь

### Принципы маркировки

по ГОСТ 801-78

«Сталь подшипниковая. Технические условия»:

- ❖ в начале марки стоит буква **Ш**,
- ❖ далее **буква**, обозначающая **легирующий компонент**,
- ❖ далее **число**, показывающее среднее **содержание** данного **легирующего компонента** в целых процентах,
- ❖ среднее **содержание углерода**

в любой марке **около 1 %**.

**Примечание:**

**содержание хрома указывается в десятых долях процента.**

## 4.3 Подшипниковая сталь

### Примеры маркировки:

**ШХ15** (основная марка) –

сталь подшипниковая с содержанием  $C \approx 1\%$  и  $Cr \approx 1,5\%$ ;

**ШХ4** (экономно легированная сталь для мелких сортаментов) –

сталь подшипниковая с содержанием  $C \approx 1\%$  и  $Cr \approx 0,4\%$ ;

**ШХ15СГ** (для тяжело нагруженных подшипников) –

сталь подшипниковая с содержанием  $C \approx 1\%$ ,  $Cr \approx 1,5\%$ ,  
 $Si \approx (0,4 \dots 0,65)\%$  и  $Mn \approx 1\%$ ;

**ШХ20СГ**

(для шариков (до 22 мм) и роликов (до 15 мм) большого диаметра) –

сталь подшипниковая с содержанием  $C \approx 1\%$ ,  $Cr \approx 2,0\%$

# 4 Легированная сталь специального назначения

## 4.4 Износостойкая высокомарганцевая сталь аустенитного класса

Маркировка **(сталь Гадфильда)**  
по ГОСТ 2176-77: **10Г13Л**

**Химический состав стали:**

- около 1,1 % углерода,
- около 13 % марганца,
- 0,5 ... 1,0 кремния,
- Л – литейная

*(изготовления деталей методами литья).*

# 4.4 Сталь Гадфильда

## Применение:

для изготовления **деталей, от которых требуется износостойкость в условиях ударных**

**нагрузок:**

- крестовин трамвайных и ж\д путей,
- стрелочных переводов,
- зубьев экскаваторных ковшей,
- щек дробилок,
- траков гусеничных машин, тракторов и экскаваторов, работающих на каменистых грунтах.



# 4.4 Сталь Гадфильда

## Свойства:

После литья структура стали состоит из аустенита и избыточных карбидов марганца и железа  $(Fe, Mn)_3C$ .

Марганец резко снижает точки  $M_H$  и  $M_K$ , поэтому после литья сталь подвергается **закалке** с температуры от **1080 °C** до **1100 °C** в воде **без отпуска**. При нагреве карбиды растворяются в аустените, поэтому после закалки сталь получает аустенитную структуру с малой твердостью (**HB 200**).

## 4.4 Сталь Гадфильда

### **Свойства:**

**Марганцевый аустенит хорошо  
наклёпывается**

с превращением аустенита в мартенсит,

поэтому

**при механическом воздействии**

**(удары, давление)**

**аустенит превращается в мартенсит,**

в результате чего в местах деформации  
**твёрдость возрастает до HRC 50 ... 55,**

что препятствует износу деталей.

## 5 Легированная сталь с особыми физическими и химическими свойствами

### 5.1 Нержавеющая сталь (коррозионно-стойкая) –

**стойкая к действию химической и электрохимической коррозии,**  
*т.е. обладающая стойкостью к разрушающему воздействию атмосферных условий, речной и морской воды, растворов солей, кислот и щелочей.*



## 5.1.1 Нержавеющая сталь

**Основной легирующий компонент –**

**ХРОМ**

**при содержании  
более (12 ... 14)**

**%**

## 5.1.1 Нержавеющая сталь

**Стойкость к коррозии хромистых сталей повышается при введении в их состав Ni.**

**Поэтому различают:**

- хромистые и**
- хромоникелевые**  
**аустенитные**

**нержавеющие стали.**

## 5.1.1 Нержавеющая хромистая сталь:

### • ферритного класса:

- ✓ стали с содержанием **13 %** хрома  
и до **0,08 %** углерода,
- ✓ основная марка: **08X13,**
- ✓ термической обработке  
не подвергаются,
- ✓ после охлаждения на воздухе  
имеет структуру – феррита;

## 5.1.1 Нержавеющая хромистая сталь!

- **мартенситного класса:**
  - ✓ стали с содержанием углерода более **0,2%**,
  - ✓ марки: **30X13, 40X13, 95X18,**
  - ✓ после закалки и низкотемпературного отпуска от **200 °С** до **250 °С** имеют структуру **отпущенного мартенсита.**

## **5.1.1 Нержавеющая хромистая сталь!**

Стали с содержанием углерода до **0,2%**  
**(12X13, 12X17, 15X25Т,  
20X13)** после термической

- ✓ **закалки с температурой от 1000 до 1050 °С в масле,**
- ✓ **отпуска при температуре от 700 до 750 °С,**

**имеют структуру  
сорбита отпуска.**

## 5.1.1 Нержавеющая хромистая сталь

**Применение:**

**стали марок**

**08Х13, 12Х13, 12Х17, 15Х25Т, 20Х13**

**используют в качестве конструкционных  
для изготовления:**

- ✓ оборудования химической и пищевой промышленности,
- ✓ изделий, работающих в слабоагрессивных средах,
- ✓ бытовой посуды и прочих изделий.

## 5.1.1 Нержавеющая хромистая сталь

**Применение:**

стали марок **30X13, 40X13**

**используют в качестве инстру-ментальных  
для изготовления:**

- ✓ хирургического инструмента,
- ✓ ножей в пищевой промышленности,
- ✓ и прочего инструмента.

## 5.1.2 Нержавеющая хромоникелевая сталь:

**08Х18Н10,**

**08Х18Н10Т,**

**12Х18Н9,**

**12Х18Н10Т.**

**Коррозионная стойкость стали тем выше,  
чем меньше содержание углерода.**



## 5.1.2 Нержавеющая хромоникелевая сталь

### Маркировка:

- «0» – содержание углерода не превышает 0,08 %,
- «00» – содержание углерода не более 0,04 %.

## 5.1.2 Нержавеющая хромоникелевая сталь

### **Применение:**

**В ХИМИЧЕСКОЙ, НЕФТЯНОЙ И ПИЩЕВОЙ промышленности, как наиболее ВЫСОКОКОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ, в виде холоднокатаного листа и ленты для изготовления:**

- ёмкостей, трубопроводов,
- криогенной техники и других изделий.

## 5.2 Жаростойкая сталь (окалиностойкая) – сталь,

легированная элементами, способными быстро образовывать тонкие, плотные окисные плёнки, препятствующие диффузии кислорода от внешней поверхности к основному металлу через слой окисла, и, тем самым, затрудняющие образование окалины на поверхности изделия.

К таким легирующим элементам относятся **хром, кремний и алюминий.**

## 5.2 Жаростойкая сталь (окалиностойкая)

**Основные марки:**

**10Х13СЮ,**

**15Х6СЮ,**

**15Х18СЮ,**

**20Х25Н20С2,**

**36Х18Н25С2 и др.**

## 5.2 Жаростойкая сталь (окалиностойкая)

### Применение:

для изготовления деталей, работающих в газовых средах при температуре от **550** до **1100 °С**, например:

✓ **сталь 40Х9С2** для изготовления:

- клапанов двигателей внутреннего сгорания,
- теплообменников, работающих до 850 °С,

✓ **сталь 08Х17Т** для изготовления:

- деталей, используемых в среде топочных газов с повышенным содержанием серы (рабочая температура не более 900 °С),

✓ **сталь 36Х18Н25С2** для изготовления:

- клапанов двигателей внутреннего сгорания большой мощности,
- печных конвейеров и т. п.

## **5.3 Жаропрочная сталь** **(теплостойкая) – сталь,**

**которая наряду  
с высокой жаростойкостью,  
может выдерживать  
механические нагрузки  
при высоких температурах  
без разрушения.**

**Подразделяется на несколько подгрупп.**

## 5.3 Жаропрочная сталь (теплостойкая)

✓ Мартенситно-ферритного класса

**Марки:**

**18Х12ВНМФР, 12Х13, 15Х12ВНМФ** и др.,

**Применение:**

**детали и узлы газовых турбин  
и паросиловых установок:**

- лопатки паровых турбин,
- клапаны, болты, трубы.

## 5.3 Жаропрочная сталь (теплостойкая)

### ✓ Мартенситного класса:

- сталь **18Х11МНФБ** предназначена для работы при температурах до 600 °С тяжело нагруженных деталей, лопаток паровых турбин, клапанов, роторов паровых и газовых турбин;
- сталь **09Х16Н4Б** используется для работы при температурах до 650 °С труб пароперегревателей, трубопроводов установок сверхвысоких давлений;
- сталь **40Х9С2** (сильхром) специального назначения – для работы при температурах до 650 °С клапанов двигателей внутреннего сгорания.



## 5.3 Жаропрочная сталь (теплостойкая)

### ✓ Аустенитного класса:

- сталь **55Х20Г9АН4** предназначены для изготовления клапанов моторов, работающих при более высоких температурах (до 850 °С);
- сталь **09Х16Н15МЗБ** предназначена для работы при температуре 350 °С для деталей пароперегревателей, трубопроводов высокого давления, температура окалинообразования 850 °С;
- стали **12Х18Н10Т** и **31Х19Н9МВБТ** имеют рабочую температуру до 600 °С
  - первая из них предназначена для изготовления труб, листовых деталей выхлопных систем, :
    - вторая для роторов, дисков, валов, лопаток, болтов;
- **09Х17Н19В2БР1**. для аналогичного применения, но для более высокой температуры (до 700 °С) предназначена сталь

## 5.4 Магнитная сталь

### 5.4.1 Магнитомягкая сталь

**работает в условиях  
ПОСТОЯННОГО  
ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ.**

## 5.4.1 Магнитомягкая сталь

### Свойства:

- **низкая коэрцитивная сила по индукции ( $H_C$  менее **4** кА/м);**
- **высокая магнитная проницаемость;**
- **способны намагничиваться до насыщения и в слабых слабых магнитных полях.**

## 5.4.1 Магнитомягкая сталь

### **Применение:**

- *сердечники трансформаторов, статоров и роторов э/двигателей;*
- *магнитопроводы переменного магнитного поля;*
- *детали измерительной и вычислительной техники;*
- *элементы систем автоматики и телемеханики.*

## 5.4.1 Магнитомягкая сталь

**Основные марки:**

*электротехническая  
кремнистая сталь марок*

**2011, 2012, ...;**

**3411, 3412, ...,**

*где цифрами согласно ГОСТу  
обозначены характеристики стали.*

## 5.4.1 Примечание

(Интернет-экзамен)≡

### **Магнитомягкие материалы:**

- *железо (особо и технически чистое);*
- *нелегированная низкоуглеродистая электротехническая сталь;*
- *прецизионные низкокоэрцитивные сплавы на железной и железо-никелевой основе;*
- *ферримагнитные (ферриты) и композиционные магнитодиэлектрические материалы.*

## 5.4 Магнитная сталь

### 5.4.2 Магнитотвёрдая сталь

**НЕ ПОДДВЕРГАЕТСЯ  
ПЕРЕМАГНИ-  
ЧИВАНИЮ.**

## 5.4.2 Магнитотвёрдая сталь

### Свойства:

- **высокая коэрцитивная сила по индукции**  
( $H_C$  более **4** кА/м);
- **высокая остаточная магнитная индукция;**
- **максимальная удельная магнитная энергия.**



## 5.4.2 Магнитотвёрдая сталь

### **Применение:**

- *постоянные магниты, которые после ТО (закалки и низкого отпуска) имеют структуру МАРЕНСИТА;*
- *станко- , приборо- и автомобилестроение;*
- *электро- и радиотехника.*

## 5.4.2 Магнитотвёрдая сталь

### Основные марки:

- **EX3** (C  $\approx$  1 %; Cr  $\approx$  3 %);
- **EX5K5** (C  $\approx$  1 %; Cr  $\approx$  5 %;  
Co  $\approx$  5 %);
- **EX9K15M2** (C  $\approx$  1%; Cr  $\approx$  9%;  
Co  $\approx$  15%; Mo  $\approx$  2%).

**E** – электротехническая сталь

## 5.4.2 Примечание

### **Магнитотвёрдые материалы:**

- *литые магнитотвёрдые сплавы системы:*
  - ✓ Fe-Al-Ni: ЮНД4, ЮНД8;
- *деформируемые магнитотвёрдые сплавы системы:*
  - ✓ Fe-Al-Ni-Co: ЮНДК15, ЮНДК35Т5АА;
  - ✓ Pt-Co: ПлК-78;
  - ✓ Fe-Cr-Co: 28Х10К, 22Х15КА;
- *порошковые магнитотвёрдые материалы системы:*
  - ✓ Fe-Al-Ni: ММК-1, ММК-2;
  - ✓ Fe-Al-Ni-Co: ММК-3, ММК-11;
- *сплавы на основе благородных и редкоземельных металлов:*
  - ✓ феррит бария: 4БИ145, 28БА190;
  - ✓ феррит стронция: 28СА250;
  - ✓ Sm-Co и Sm-Pr-Co: КС37А и КСП37А.