

Курс: Материаловедение Тема: Промышленные стали

Казачков Олег Владимирович, доцент, к.т.н. Институт лесных, инженерных и строительных наук, кафедра технологических и транспортных машин и оборудования **kaz @ psu.karelia.ru**



План лекции

- Основы легирования
- Улучшаемые и цементуемые стали
- Автоматные стали
- Рессорно-пружинные стали
- Подшипниковые стали
- Коррозионностойкие стали
- Теплоустойчивые, жаропрочные, жаростойкие стали
- Высокопрочные стали



Взаимодействие лег.элементов с углеродом

Первая группа Некарбидообразующие элементы: Al, Si, Ni, Co, Cu

Вторая группа Карбидообразующие элементы:

Fe, Mn, Cr, Mo, W, V, Nb, Zr, Ti карбидообразующая способность →

Элементы Mn, Cr, Mo, W, растворяясь в цементите, образуют легированный карбид (Fe, M)₃ C или M₃ C.

Специальные карбиды карбиды хрома $\mathrm{Cr_{23}C_6}$, $\mathrm{Cr_7C_3}$ или $\mathrm{M_{23}C_6}$, $\mathrm{M_7C_3}$ карбиды молибдена и вольфрама МоС, WC, $\mathrm{Mo_2C}$, $\mathrm{W_2C}$ или МС, $\mathrm{M_2C}$ карбиды ванадия, ниобия и титана VC, NbC, TiC или МС



Влияние лег.элементов на критические точки стали







Взаимодействие лег.элементов с железом





Взаимодействие лег.элементов с железом

Вторая группа Легирующие элементы, сужающие γ - область (повышают точку A₃ и понижают точку A₄ железа)

а) Элементы, полностью замыкающие γ - область и образующие гомогенную α - область (Al,Cr, Si, Mo, W, V)







Улучшаемые стали

- Относятся стали среднеуглеродистые (0,3...0,5% С) низко- и среднелегированные
- Свойства стали определяет высокая конструктивная прочность (надежность и долговечность)
- Термическая обработка: полная закалка + высокий отпуск (улучшение)
- Рабочая структура : сорбит отпуска

Свойства сталей после закалки и отпуска при 600°C

| марка стали | σ ₀₂ ,MHa | σ _B , MHa | δ,% | ψ,% | KCU, MAx/sc |
|----------------|----------------------|----------------------|-----|-----|----------------|
| 40XH | 760 | 910 | 20 | 60 | 0,8 |
| 30XH3A | 830 | 930 | 21 | 64 | 1,4 |



Цементуемые стали

- Относятся стали низкоуглеродистые (до 0,25% С) низко- и среднелегированные
- Свойства стали определяет твердый поверхностный слой и вязкая сердцевина после т.о.
- Термическая обработка: цементация (нитроцементация) + закалка + низкий отпуск

| Свойства | сталей | 15X, | 12XH3A | н | 18X2H4MA |
|----------|---------|-------|----------|----|----------|
| по | сле тер | мичес | кой обра | бо | тки |

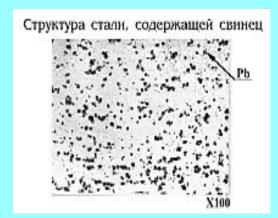
| марка стали | σ ₀₂ ,МПа | σ _в , мпа | 8,% | ψ,% | KCU, M/Jæ/sč |
|----------------|-----------------------------|----------------------|-----|-----|-----------------|
| 15X | 500 | 700 | 12 | 45 | 0,7 |
| 12XH3A 700 | | 950 | 11 | 55 | 0,9 |
| 18X2H4MA | 850 | 1150 | 12 | 50 | 1,0 |





- Данные стали отличаются хорошей обрабатываемостью резанием и предназначены для изготовления деталей на станках автоматах
- Имеют повышенное содержание S, P или легированы Pb, Ca, Se
- Маркировка: буква А, цифра С% в сотых долях
- Буквы С и Ц после А указывают на свинец и кальций

| марка стязи С | | овдержание С, % | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|----------|----------------------|-----|--|
| | C | Mn | S | P | Pb | G _B , MHa | 8,% | |
| A12 | 0,08-0,12 | 0,7-1,0 | 0,08-0,20 | 0,08-0,15 | 0.77 | 420 | 22 | |
| A20 | 0,17-0,24 | 0,7-1,0 | 0,08-0,15 | <0,06 | 150 | 460 | 20 | |
| Α40Γ | 0,37-0,45 | 1,2-1,55 | 0,18-0,30 | <0,05 | 17 | 600 | 14 | |
| AC40 | 0,37-0,45 | 0,8-1,1 | 0,15-0,30 | <0,04 | 0,15-0,3 | 580 | 19 | |







- Обладают высоким пределом упругости, пределом усталости при достаточной пластичности
- Содержат 0,5...0,7 %С и легированы кремнием, хромом, ванадием, марганцем
- Термическая обр. полная закалка + средний отпуск
- Рабочая структура после т.о. троостит отпуска

| | C% | Si% | Mn% | Cr% | 0 | V% |
|----------------|---|------------------------|----------------------|-----------------------------|------|-----------|
| 50C2 | 0,47-0,55 | 1,50 - 2,00 | 0,6 - 0,9 | | | 87 |
| 60C2 | 0,57-0,65 | 1,50 - 2,00 | 0,6 - 0,9 - | | | |
| 60C2XA | 0,56 - 0,64 | 1,40 - 1,80 | 0,4 - 0,7 0,70 | | 1,00 | • |
| 60С2ХФА | 0,56 - 0,64 | 1,40 - 1,80 | 0,4 - 0,7 | 7 0,90 - | 1,20 | V 0,1-0,2 |
| | Свой | ства прух | кинных | сталей | | 10.000 |
| марка стали | термическая обработка | | σ ₀₂ ,MHa | σ _в , мпа | δ,% | Ψ,% |
| 65 | Закалка от масло + от | 840°С, пуск (480°С) | 800 | 1100 | 10 | 35 |
| 60C2 | Закалка от 870°С, масло + отнуск (460°С) | | 1200 | 1300 | 6 | 30 |



Подшипниковые стали

- Обладают высокой твердостью (HRC 60...65), износостойкостью и контактной выносливостью
- Содержат ≈1% С и легированы хромом
- Маркировка: буквы ШХ и цифра среднее содержание Cr в десятых долях %
- Термическая обработка неполная закалка 840…860 ^⁰C, масло + низкий отпуск 150…170 ^⁰C
- Рабочая структура: Мартенсит отпуска + Карбиды (Fe,Cr)₃C

| марки стали | содержание С , % | | | | | | | |
|----------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--|--|--|--|
| | c | Mn | Si | Cr | | | | |
| IIIX15 | 0,95 - 1,05 | 0,20 - 0,40 | 0,17 - 0,37 | 1,30 - 1,65 | | | | |
| ШХІ5СГ | 0,95 - 1,05 | 0,90 - 1,20 | 0,40 - 0,65 | 1,30 - 1,65 | | | | |





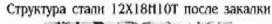
• Обладают высоким сопротивлением электрохимической коррозии

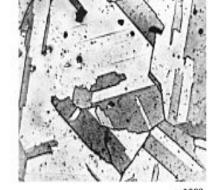
Бывают хромистые 10X13, 20X13, 30X13, 40X13, 12X17, 15X25T и хромоникелевые 08X18H9T, 12X18H9T, 12X21H5T, 04X18H10

• Основной легирующий элемент – хром более 12%

| марка | содержание С, % | | термическая | σ ₀₂ , | σ_{n} , | δ,% | ψ,% | |
|--------|-----------------|-------|-------------|-------------------|----------------|------|------|------|
| сталн | c | Cr | Ti | обработка | | MIIa | 0,74 | 9,74 |
| 12X17 | менее 0,12 | 16-18 | - | Отжиг 760-780°С | 240 | 390 | 20 | 50 |
| 15X25T | менее 0,15 | 24-27 | 0,15-0,40 | Отжиг 740-760°C | 290 | 440 | 20 | 45 |

| марка еталн С | солержание, % | | | термическая обработка | σ ₀₂ , | σ, | 8,% | |
|---------------|---------------|---------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------|------|----|
| | Cr | Ni | другие | обработка | MIIa | MIIa | 0,74 | |
| 12X18H9 | экспос 0,12 | 17 - 19 | K,0 - 9,5 | - | Закалка от 1050 - 1100°С | 190 | 520 | 45 |
| 04X18H10 | nense 0,04 | 17 - 19 | 9-11 | - | Закалка от 1000-1050°С | 170 | 500 | 50 |





v100

Структура - аустенит



Теплоустойчивые стали

- Стали эксплуатируются в нагруженном состоянии при температуре < 600 °C в течении длительного времени
- Углеродистые стали (котельные)
 12К, 15К, 20К, 22К применяют при до 450 °C
- Низколегированные стали
 12XM, 12X1MФ, 15X1МФ, 25X2М1Ф
 применяют до 580 ⁰C
- Хромистые стали (Сr 5...13%)
- 15X5, 15X11МФ, 14X12В2МФ, 40X9С2 (сильхромы) применяют до 620 0 С





- Стали способные длительное время сопротивляться деформированию и разрушению при работе при высокой температуре (>600 °C)
- Характеризуются: 1. <u>условным пределом</u> ползучести напряжением, которое вызывает за установленное время при данной температуре заданное удлинение
- 2. пределом длительной прочности напряжением, которое вызывает разрушение образца через заданный промежуток времени при постоянной температуре



Жаропрочные стали

• Основной путь повышения жаропрочности –создание в материалах крупнозернистой структуры с однородным распределением мелких упрочняющих фаз внутри зерен

Классификация жаропрочных сталей

Стали аустенитного класса применяют до 800 ^оС

С интерметаллидным упрочнением

10X11H20T3P, 10X11H23T3MP (**T.o**.3.1080...1120°C+c.700...750°C)

С карбидным упрочнением

45X14H14B2M, 40X15H7Γ7Φ2MC (**τ.ο**. 3.1050...1200°C+c.600...850°C)

• Сплавы на основе никеля (нимоники) применяют до 850 С, например, ХН77ТЮР, ХН65ВМТЮ спл. на основе никеля с лег. элементами хрома до20%, титана до2,8%, алюминия-0,55...5,5%



Жаростойкие (окалиностойкие) стали



- Стали, устойчивые к газовой коррозии
- <u>Окалиностойкость</u> достигается введением в сталь **Cr**, Al, Si

```
Марки сталей: 15X5, 15X6CЮ (600...650 °C), 40X9C2 (700...850 °C), 12X17 (900 °C),
```

15X25 (1050 °C), XH45Ю (1400 °C)-

Аустенитный спл.Fe-Ni-Cr-Al



Высокопрочные стали

стали с пределом прочности > 1500 МПа с определенным запасом вязкости разрушения КСU > 0,2 МДж/м 2 ,К $_{1c}$ =45, 75, 150 МПа*м $^{1/2}$

1. Среднеуглеродистые, комплексно – легированные низкоотпущенные стали

30XГСН2A (хромансиль), 40ХГСН3BA, 40XH2CMA

Т.о. **Закалка** + **низкий отпуск** (180...200 ⁰C)

2. Мартенситостареющие стали

03H18K3M4T, 03H16K11M3T2

Т.о. <u>закалка</u> 800..860 ^оС, воздух+<u>старение</u> 450...500 ^оС

3. Метастабильные аустенитные стали(TRiРстали)

25H25M4F, 30X9H8M4F2C2

Т.о. <u>закалка</u> 1000..1100⁰C+деформирование ε=80%при 450...600⁰C



Строительные стали; определение

- Строительные стали это конструкционные стали, применяемые для изготовления металлоконструкций и сооружений, а также железобетонной арматуры.
- Содержат не более 0,22 0,28% углерода и небольшое количество недефицитных легирующих элементов.



Примеры и маркировка по прочности

C235, C245, C255, C275, C285, C345-1, C345-2, C375-2, C345K, C390, C440, C390K, C390T, C550, C590K.

Буквенные обозначения:

- С сталь строительная
- К вариант химического состава
- Т термическое упрочнение

Цифровое обозначение.

Гарантированный предел текучести в МПа.

Цифры 1, 2 указывают гарантии по ударной вязкости при -40 и -70 °C.



Классификация по хим. составу

Строительные стали

Углеродистые

низколегированные

- Маркировка:
- Углеродистые стали Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп,
- Низколегированные стали 12Г2С, 09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 14Г2АФ, 15Г2АФДпс, 12ГН2МФАЮ, 12ГН2МФБАЮ