



Конструкционные легированные стали.

Лекция 13 (раздел 5, тема 17)

Поток 1А

Лектор доц. Дощечкина И .В.

(lect_13_1A_ТКМiМ _DIV_01-05-2015 ppt)

(Использованы материалы электронного ресурса [www.google.com.ua / search](http://www.google.com.ua/search))

План лекции

13.1. Классификация легированных сталей

13.2. Строительные стали.

13.3. Легированные конструкционные стали, используемые для деталей машин.

13.4. Цементуемые стали.

13.5. Улучшаемые стали.

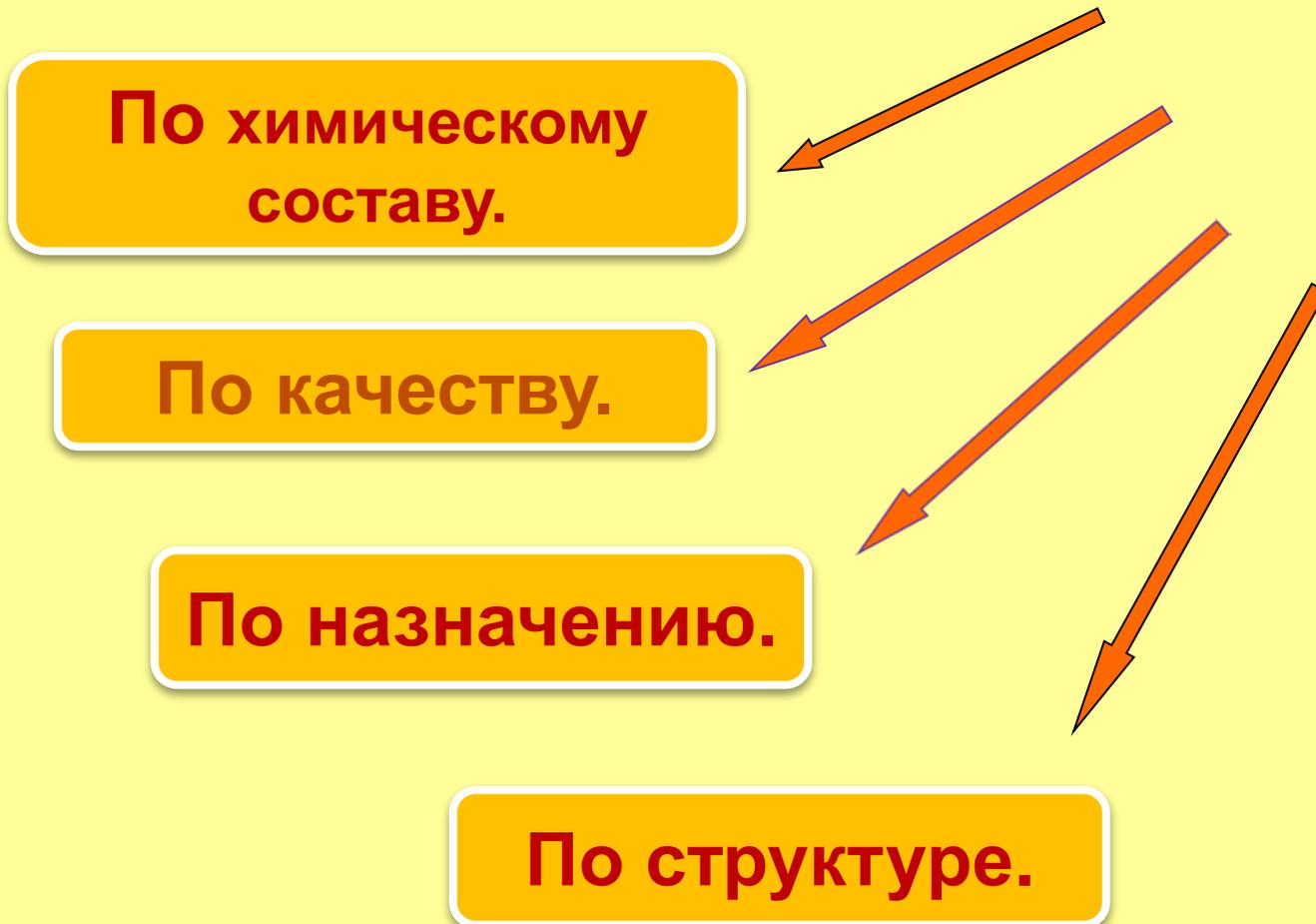
13.6. Рессорно – пружинные стали.

13.7. Подшипниковые стали.

13.1. Классификация легированных сталей по различным признакам.

Существует несколько принципов классификации стали.

Внутри каждого класса, кроме того, существуют более узкие подразделения сталей, как по назначению, так и по свойствам.



По химическому составу легированные стали подразделяют на:

Низколегированные

Сумма легирующих элементов < 2,5%

Среднелегированные

Содержащие от 2,5 до 10% легирующих элементов

Высоколегированные

Сумма легирующих элементов >10 %

В зависимости от содержания тех или иных легирующих элементов стали называют **хромистыми** (40Х13), **марганцовистыми** (110Г13Л) **кремнистыми** (55С2) ,**вольфрамовыми** (ХВ4),.

Сложнолегированные стали называют **хромокремнистыми** (40Х9С2) **хромомарганцевыми** 10Х14Г14Н), **хромоникелевыми** (12Х18Н9),**хромоникельмолибденовыми**(45Х14Н14В2) и др.



Классификация легированных сталей по качеству.

В основу классификации положено содержание вредных примесей – серы и фосфора, которые охрупчивают сталь.

Качественные

Серы $\leq 0,035\%$,
Фосфора $\leq 0,03\%$

Высококачественные

Серы $\leq 0,020\%$,
фосфора $\leq 0,025\%$.

Сверхвысококачественные

Серы $\leq 0,015\%$,
фосфора $\leq 0,020\%$.



Классификация сталей по структуре.

По структуре, которая образуется при охлаждении на воздухе (после нормализации), легированные стали делятся на 5 классов.

1. Ферритный.
«С» менее 0,1 % и
хрома более
12%.
Стали: 08Х13,
12Х17.

2. Перлитный.
Большинство
конструкционных
сталей: 20Х, 40Х,
38ХС, 35ХГС; 60С2.

3. Мартенситный.
«С» > 0,3% и большое
количество хрома.
Стали: 30Х13, 40Х13;
сильхромы- 40Х9С2.

5. Ледебуритный.
«С» ~ 0,8%.
Быстрорежущие
стали: Р9, Р18,
Р6М5.

4. Аустенитный.
Хромоникелевые
стали: 12Х18Н9,
110Г13.



Классификация легированных сталей по назначению.

Конструкционные

Машиностроительные

Строительные

Инструментальные

Для инструмента

Режущего

Штампового

Мерительного

Специальные

Износостойкие

Коррозионностойкие

Жаропрочные

Жаростойкие



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1. По каким признакам классифицируют легированные стали?**
- 2. Как подразделяются легированные стали по химсоставу? Какой параметр заложен в основу их деления на подгруппы?**
- 3. Какие показатели заложены в основу классификации сталей по качеству?**
- 4. Как классифицируют конструкционные стали по назначению?**
- 5. На какие классы подразделяются легированные стали по структуре? Приведите примеры марок сталей каждого класса.**



13.2. Строительные стали.

Стали содержат **0,1- 0,25% углерода.**

Применяются в горячекатаном или нормализованном состоянии для армирования железобетона; сварных конструкций в строительстве, мостостроении, машиностроении; для изготовления магистральных нефте - и газопроводов.

Основные требования :

- 1.** Определенное сочетание прочности и пластичности.
- 2.** Хорошие технологические свойства, особенно свариваемость.
- 3.** Малая чувствительность к хладноломкости.
- 4.** Низкая стоимость.
- 5.** Простая технология производства.



Капитальное строительство является вторым по масштабам после машиностроения потребителем стали.



Классификация строительных сталей.

Основными расчетными характеристиками для металлоконструкций и сооружений являются временное сопротивление σ_B и предел текучести $\sigma_{0,2}$.

От их значений зависит сечение элементов конструкций, а следовательно, их масса.

Исходя их соотношения $\sigma_B / \sigma_{0,2}$ стали подразделяются на **семь классов**:

Класс
380/230

Стали **нормальной**
прочности

Стали обыкновенного
качества:
Ст3пс, Ст4сп

Классы
С440/290, С460/330, С
520/400

Стали **повышенной**
прочности

Низколегированные
стали:
09Г2, 09Г2С, 15ХСНД

Классы
С600/450, С700/600,
С850/750

Стали **высокой**
прочности

С карбонитридным
упрочнением:
14Г2АФ, 16Г2АФ

В основном стали используют в **горячекатаном состоянии**.

После нормализации прочность не изменяется по сравнению с горячекатаным состоянием, но все остальные свойства выше за счет измельчения зерна.



Применение строительных сталей.

Для армирования
железобетона



10ГТ,
25Г2С



В машиностроении для
сварных конструкций
($\sigma_{0,2} \geq 600\text{МПа}$)



09Г2С, 10ХСНД



В вагоностроении
($\sigma_{0,2} \geq 750\text{МПа}$)



12Г2СМФ, 14ГСМР



Для магистральных
газопроводов
($\sigma_v \geq 500\text{МПа}$, $\delta \geq 16\%$,
КС при $-70^\circ\text{C} >$
 400КДж/м^2)



14ХГС, 16Г2АЮ



Вопросы для самоконтроля.

1. Какие стали относятся к строительным?
2. Основные требования к строительным сталям?
3. Какой параметр заложен в основу деления сталей на классы?
Приведите примеры марок сталей каждого класса.



13.3. Легированные конструкционные стали, используемые для деталей машин.

Подразделяются по содержанию углерода и виду термической обработки.

Цементуемые $C < 0,3 \%$

Улучшаемые
 $0,3 \leq C \leq 0,55 \%$

Рессорно-пружинные
 $0,55 < C \leq 0,7 \%$

Подшипниковые

$C \sim 1 \%$



Вопросы для самоконтроля

1. Как подразделяются конструкционные легированные стали, используемые для деталей машин?
2. Какие показатели положены в основу этого деления сталей на группы?



13.4. Цементуемые стали

Стали предназначены для изготовления деталей, эксплуатирующихся в условиях **поверхностного износа и воздействия динамических нагрузок**.
Стали подвергаются цементации, закалке и низкому отпуску.

Легированные стали, обладающие большей прокаливаемостью, обеспечивают упрочнение сердцевины.

В зависимости от **степени упрочнения сердцевины** стали делятся:

Углеродистые с не упрочняемой сердцевиной (стали 15, сталь 20) – для деталей, которые не испытывают больших нагрузок



Шкив коленвала

Со слабо упрочняемой сердцевиной (стали 20Х, 20ХН) – для средненагруженных деталей



Вал рулевой сошки

С сильно упрочняемой сердцевиной (стали 18ХГТ, 20ХГМ) – для высоконагруженных деталей



Сателлиты



Вопросы для самоконтроля

1. Какие стали относятся к цементуемым?
2. На какие группы подразделяются цементуемые стали? Приведите примеры сталей каждой группы.
3. В каких условиях эксплуатируются детали, изготовленные из цементуемых сталей?
4. Из каких соображений выбирают сталь для тяжело нагруженных деталей, поверхность которых работает в условиях трения и износа?



13.5. УЛУЧШАЕМЫЕ СТАЛИ

Это среднеуглеродистые стали, содержащие 0,3 – 05 %С и легирующие элементы в количестве не больше 5%.

Марки: 40Х, 40ХН, 35ХГТ, 38ХС, 40ХГНР и др.

Термическая обработка – закалка и высокий отпуск (улучшение).

Температура закалки 830-860 °С (в зависимости от состава).

Охлаждают детали как правило в масле. Очень крупные детали охлаждают в воде.

Высокий отпуск при 550-680°С .

Структура после термообработки сорбит отпуска.



Шатуны.

После такой обработки стали должны иметь высокий предел текучести, запас вязкости (КСУ и К_{1с}), малую чувствительность к концентраторам напряжений, высокий предел выносливости.

Стали легируют с целью повышения прокаливаемости.

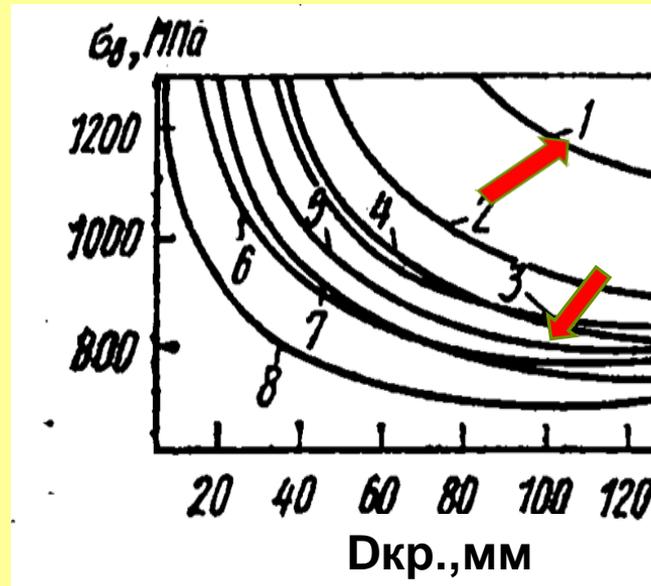
При полной прокаливаемости сталь имеет лучшие механические свойства, особенно сопротивление хрупкому разрушению: низкий порог хладноломкости, высокие значения работы развития трещины.



Выбор марки стали для конкретной детали.

Для тяжело нагруженных деталей необходимо обеспечить сквозную прокаливаемость и нужна сталь с $D_{кр} > D_{изд.}$

Чем больше сечение, необходима более легированная сталь.



1 - 30ХНЗМФ; 2 - 30ХНЗ; 3 - 34ХМА; 4 - 33ХСА; 5 - 33НЗ; 6 - 35ХА; 7 - 35ГС; 8 - сталь 30.

Если же уровень напряжений относительно невысок, не нужна сквозная прокаливаемость, и изделие можно изготовить из менее легированной и более дешевой стали

Хромоникельмолибденовые стали являются наилучшими конструкционными сталями, обладающими наиболее глубокой прокаливаемостью и высокой вязкостью.

Выбор улучшаемой стали в каждом конкретном случае обусловлен уровнем прочности, прокаливаемостью стали, сечением детали и сложностью её конфигурации, наличием концентраторов напряжений.



Группы улучшаемых сталей в зависимости от прокаливаемости.

По прокаливаемости конструкционные **улучшаемые стали** подразделяются **на пять групп.**

Группа	Марка стали	Критический диаметр, $D_{кр.}$ мм
I	40, 45	~10
II	40X, 40XP	до 20
III	35XГС, 40XГС	до 30
IV	40XНМ, 40XГР	до 50
V	38XНЗМФ	более 100

С увеличением номера группы возрастают степень легирования и размер сечения, в котором достигается сквозная прокаливаемость.



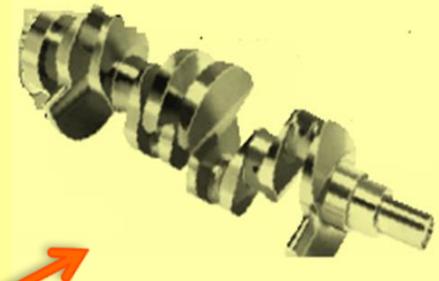
Применение улучшаемых сталей



Распредвал



Впускной клапан

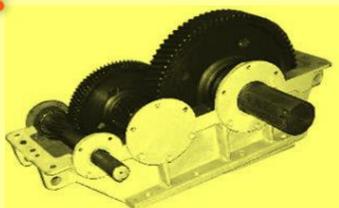


Коленвал

**Закалка +
высокий отпуск**



Поршневые пальцы



Шестерни редуктора



Вал редуктора



Гильза цилиндра



Гайка шатунного болта



Шатун



Шатунный болт



Вопросы для самоконтроля

1. Какие стали называют улучшаемыми?
2. На основе какого показателя улучшаемые стали подразделяются на подгруппы? Приведите пример марки стали каждой подгруппы.
3. Каким комплексом свойств характеризуются стали в улучшенном состоянии?
4. В зависимости от каких показателей выбирают марку улучшаемой стали для конкретной детали машин?
5. Приведите примеры использования улучшаемых сталей в автомобилестроении.



13.6.Рессорно- пружинные стали.

Рессоры, пружины, торсионные валы изготавливают из сталей **55Г, 65Г, 60С2, 50ХФА, 60С2ХФА.**

Основные требования к сталям: высокие пределы текучести и выносливости, повышенная релаксационная стойкость - сохранение упругих свойств длительное время.



Стали подвергают **закалке и среднему отпуску.**

Высокие упругие свойства обеспечивают содержание **углерода 0,5-0,7%** и структура **троостита отпуска.**

Стали должны иметь **высокую закаливаемость и прокаливаемость.**

После закалки **структура мартенсита** должна быть **по всему объёму.**

Легирование рессорно - пружинных сталей.



Стали **легируют**, в основном, **кремнием**.

Кремний повышает прокаливаемость, задерживает распад мартенсита при отпуске и значительно упрочняет феррит.

Дополнительное **легирование марганцем** повышает прокаливаемость, сильнее упрочняет феррит, уменьшает склонность к росту зерна и обезуглероживанию.

Чем мельче зерно, тем выше сопротивление малым пластическим деформациям

Когда упругие элементы работают **в условиях больших динамических нагрузок** применяют стали с никелем – **60С2Н2А**.

Для клапанных пружин используют **сталь 50ХФА**, не склонную к **перегреву** и обезуглероживанию при нагреве **до 300 °С**.

Срок службы рессор и пружин может быть **значительно увеличен** при использовании **ППД**- предел выносливости повышается в 2 раза.



Вопросы для самоконтроля.

1. Какие стали относятся к рессорно – пружинным?
2. Какие основные требования предъявляются к этим сталям?
3. Основной принцип легирования рессорно-пружинных сталей?
4. Какой термической обработке подвергаются рессорно-пружинные стали? Обоснуйте ответ.



13.7. Подшипниковые стали.

Стали предназначены для изготовления шариков, роликов, колец подшипников качения.

Марки сталей – ШХ4, ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ.

Стали содержат ~ 1%С и хром в десятых долях процента (0,4; 0,6; 0,9; 1,5% Cr).

Детали подвергаются воздействию высоких сменных контактных нагрузок, абразивному износу, химическому износу под действием смазки и агрессивной среды.



Основные требования к сталям: высокая прочность, твёрдость и износостойкость, сопротивление контактной усталости.

При выплавке сталей необходимо обеспечить минимальное содержание хрупких неметаллических включений, отсутствие карбидной неоднородности и пористости.

Эти дефекты являются концентраторами напряжений и вызывают преждевременное усталостное разрушение и снижают долговечность изделия.

Термообработка подшипниковых сталей.

Для получения оптимального сочетания прочности, износостойкости и контактной выносливости стали подвергают **закалке в масле от 840-860 °С** и **низкому отпуску при 150-170 °С**.



Структура мартенсит и равномерно распределённые карбиды с твёрдостью **62-66HRC**.
Для обеспечения **высокой стабильности размеров И ФОРМЫ** применяют **обработку холодом** при $-70 \div 80^{\circ}\text{C}$.

Прокаливаемость сталей увеличивается с повышением степени легирования:

Сталь	ШХ6	ШХ9	ШХ15	ШХ15СГ
Дкр,мм	10	15	25	65

Для подшипников, работающих в условиях больших динамических нагрузок, высокоуглеродистые стали не обеспечивают необходимой трещиностойкости.

В таком случае используют легированные цементуемые стали **18ХГТ, 20Х2Н4А**.



ПРИМЕНЕНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ СТАЛЕЙ.

Сталь ШХ9
используют для
изготовления
шариков диаметром
до 13,5 мм и роликов
диаметром до 10мм.



Из стали **ШХ15**
изготавливают шарики
диаметром до 22,5 мм и
ролики диаметром
15мм.



Сталь ШХ15СГ
применяют для шариков
и роликов диаметром
более 30мм.

Подшипники,
работающие в
агрессивных средах,
изготавливают из
нержавеющей стали
95Х18.

Подшипники из стали **ШХ4** подвергаются **объёмно-поверхностной закалке.**

Перед закалкой необходим **сфероидизирующий отжиг** для
получения структуры зернистого перлита, который **обеспечивает**
свойства сердцевины.

После закалки **твёрдость** поверхностного слоя **60-62 HRC.**



Вопросы для самоконтроля.

- 1. Какие стали относятся к подшипниковым?
Приведите примеры марок сталей?**
- 2. Какие основные требования к этим сталям?**
- 3. С какой целью легируют подшипниковые стали?**
- 4. Какой термической обработке подвергают эти стали?**



Марки, термическая обработка и структура конструкционных сталей.

Группа стали	Количество С, %	Марка стали	Термическая обработка	Структура поверхности изделия после термообработки
I. Цементуемые	$\leq 0,3$	20, 18ХГТ	Ц., з., н.о.	мартенсит отпуска
II. Улучшаемые	0,3–0,5	40, 40Х	з., в.о.	сорбит отпуска
III. Рессорно-пружинные	0,5–0,8	60, 60С2	з., с. о.	троостит отпуска
IV. Подшипниковые	~1	ШХ15, ШХ15СГ	з., н.о.	мартенсит отпуска

Структура сердцевины изделий для всех групп сталей обусловлена уровнем легирования и сечением детали (прокаливаемостью)..



Вопросы для самостоятельной работы

1. Арматурные стали.
2. Высокопрочные стали с высокой пластичностью.
3. Какие основные факторы учитываются при выборе марки стали для и конкретного изделия?



Литература

- ✘ 1. Дьяченко С.С. Материаловедение : учебник / С.С. Дьяченко, И.В. Дощечкина, А.А. Мовлян, Э.И. Плешаков.- Харьков: Издательство ХНАДУ, 2010.-464 с. (стр.255–260).
- ✘ 2. Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова, Д.Б. Глушкова.
- Харьков: ХНАДУ, 2011.-460 с. (стр.368-372).





Кафедра технології металів и матеріалознавства

Доц. Дощечкина Ирина Васильевна

E-mail: div_khadi@ukr.net

Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ

