

ГАПОУ СО

«Екатеринбургский энергетический техникум»



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Электронный конспект составлен
по рабочей программе
«Материаловедение»
для специальности 13.02.01
преподавателем С.Н. Бондаренко**



Тема 1.1 Структура и свойства материалов

Твердое вещество

Аморфное

нет определенной температуры плавления, расположение частиц в таких веществах строго не упорядочено могут переходить в кристаллы

СМОЛА

СТЕКЛО

ПЛАСТИЛИН

ВОСК

ЯНТАРЬ

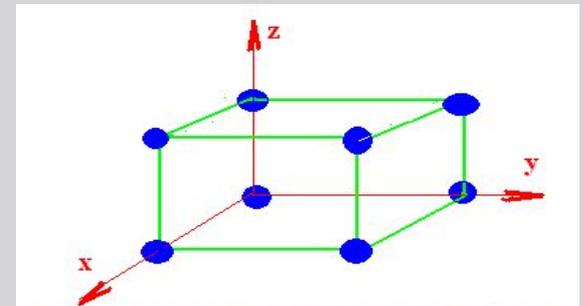
ПЛАСТМАССЫ

Кристаллическое

Свойства: определенная температура плавления, правильное расположение частиц: атомов, ионов, молекул;

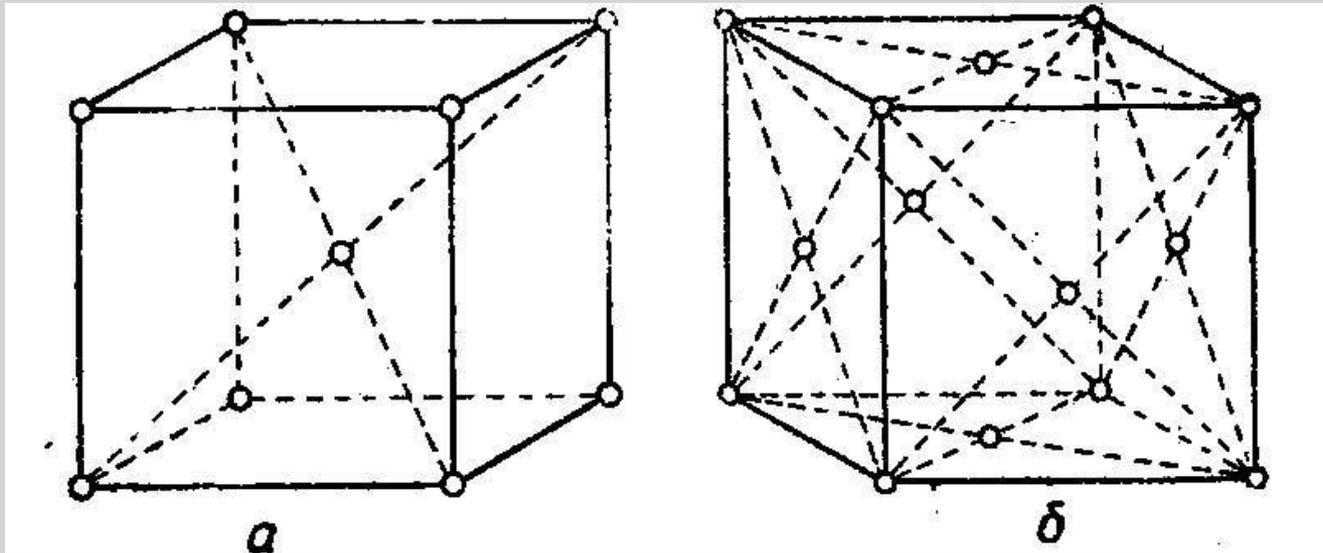
хлорид натрия, графит, металлы;

Жидкие кристаллы – состоят из цепочек (спиралей) собранных из молекул, которые под действием различных видов энергии могут ориентироваться в жидкости (например при изменении сопротивления). Пример жидкого кристалла – мыльная пленка (у неё происходит изменение коэффициента преломления).



минимальный объем обладает всеми свойствами вещества;
к-координационное число – количество атомов, расположенных на ближайшем расстоянии (для простого куба $k=6$)

□ Все металлы имеют кристаллическое строение



При температуре ниже 910° атомы в ячейках кристаллов располагаются в виде куба, образуя так называемую кристаллическую решетку альфа-железа. В этом кубе восемь атомов расположены в углах решетки и один в центре.

Аллотропическими формами железа являются: до 911°C - альфа-железо ($a\text{-Fe}$), имеющее ОЦК-решетку, от 911°C до 1392°C - гамма-железо ($g\text{-Fe}$) с решеткой ГЦК и от 1392°C до 1539°C т. е. до температуры плавления - снова $a\text{-Fe}$ с решеткой ОЦК, однако, чтобы отличить его от низкотемпературной модификации, его принято называть дельта-железом ($d\text{-Fe}$). Эта решетка отличается от решетки альфа-железа несколько большим расстоянием между центрами атомов и сохраняется до момента расплавления железа, т. е. до 1535° .

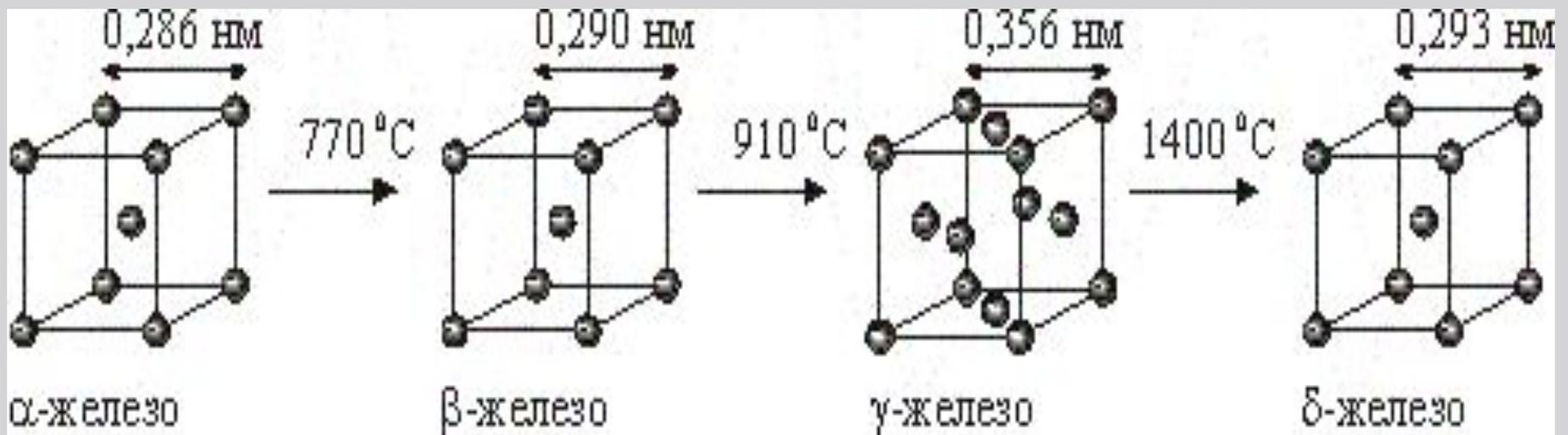
Известное в практике так называемое немагнитное бета-железо ($b\text{-Fe}$) самостоятельной аллотропической формой не является, так как имеет такую же, как у $a\text{-Fe}$ ОЦК-решетку и отличается от него только отсутствием магнитных свойств, которые оно теряет при 768°C (точка Кюри).

■ Аллотропия

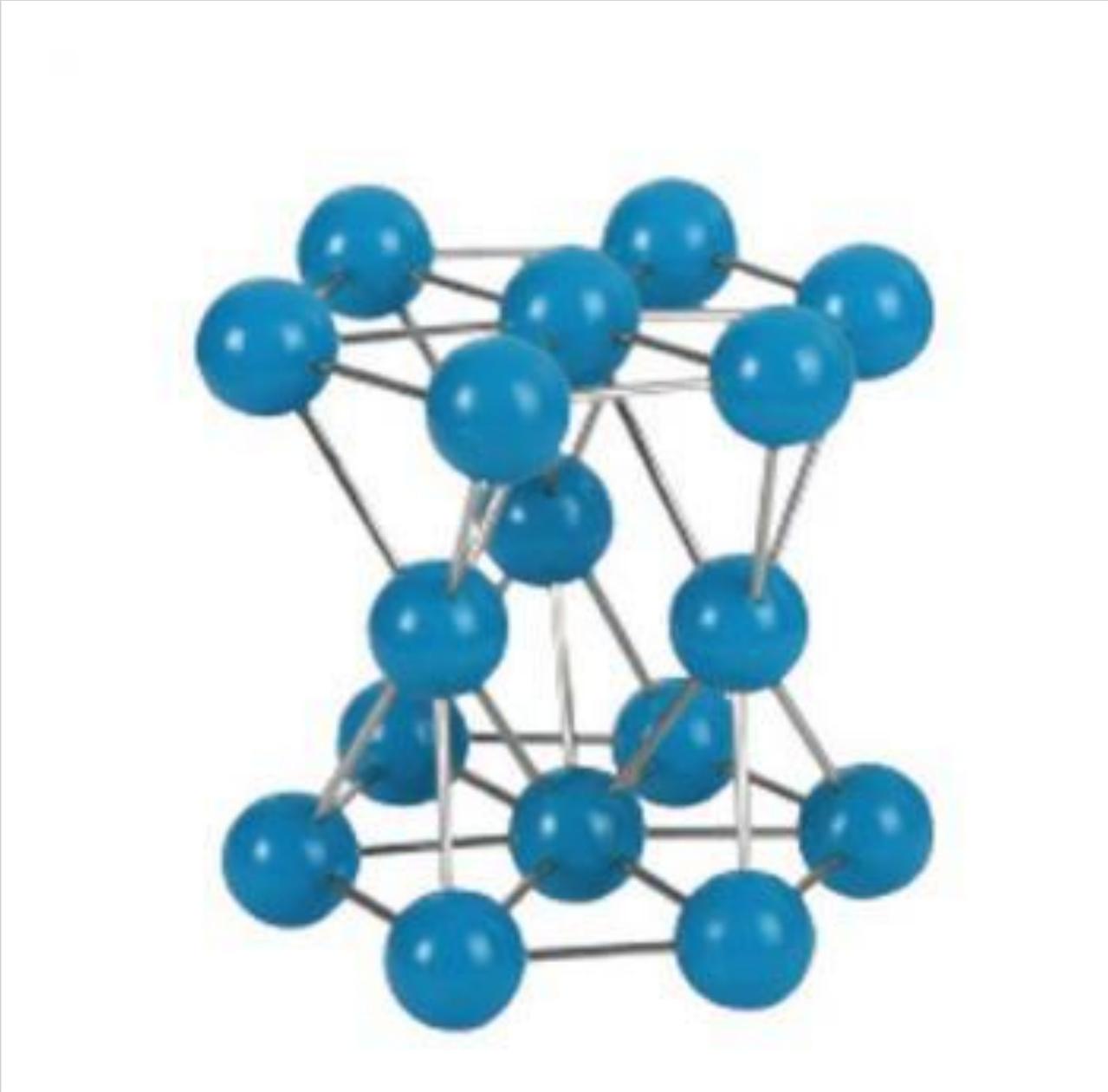
- свойство некоторых химических элементов являться в двух или нескольких различных видоизменениях, таких что их можно принять за совершенно различные материалы, если бы тождество их химической природы не было твердо установлено химическими превращениями.
- Пример - **углерод**, являющийся или в виде алмаза, или в виде графита, или, наконец, в виде аморфного угля.

- Аллотропия — частный случай **ПОЛИМОРФИЗМА**. Кислород может существовать в виде озона, орто- и параводорода.
- Большинство простых веществ существуют в нескольких аллотропных модификациях. Две модификации олова:
 - серое **α** - олово — полупроводник со структурой алмаза и
 - белое **β**-олово — типичный металл.
- Каждая модификация вещества стабильна лишь в своей области температур и давлений, а в неустойчивом состоянии она может существовать достаточно долго.
- Полиморфизм олова хороший пример. Белое олово может переохладиться ниже температуры перехода, равной 13,2 °С, и существовать в виде белого металла достаточно долго. Однако его состояние при температуре менее 13,2 °С неустойчиво, поэтому сотрясение или механическое повреждение вызывает резкий скачкообразный переход, получивший название «оловянной чумы». Переход из β- в α-модификацию происходит с изменением типа связи от металлической к ковалентной и сопровождается резким изменением объема. Коэффициент линейного расширения у серого олова в четыре раза больше, чем у белого, поэтому белое олово, переходя в серое, рассыпается в порошок.
- 42 металла имеют полиморфные превращения. Железо, титан, марганец, графит, алмаз, олово. **Свойство используется при термической обработке.**

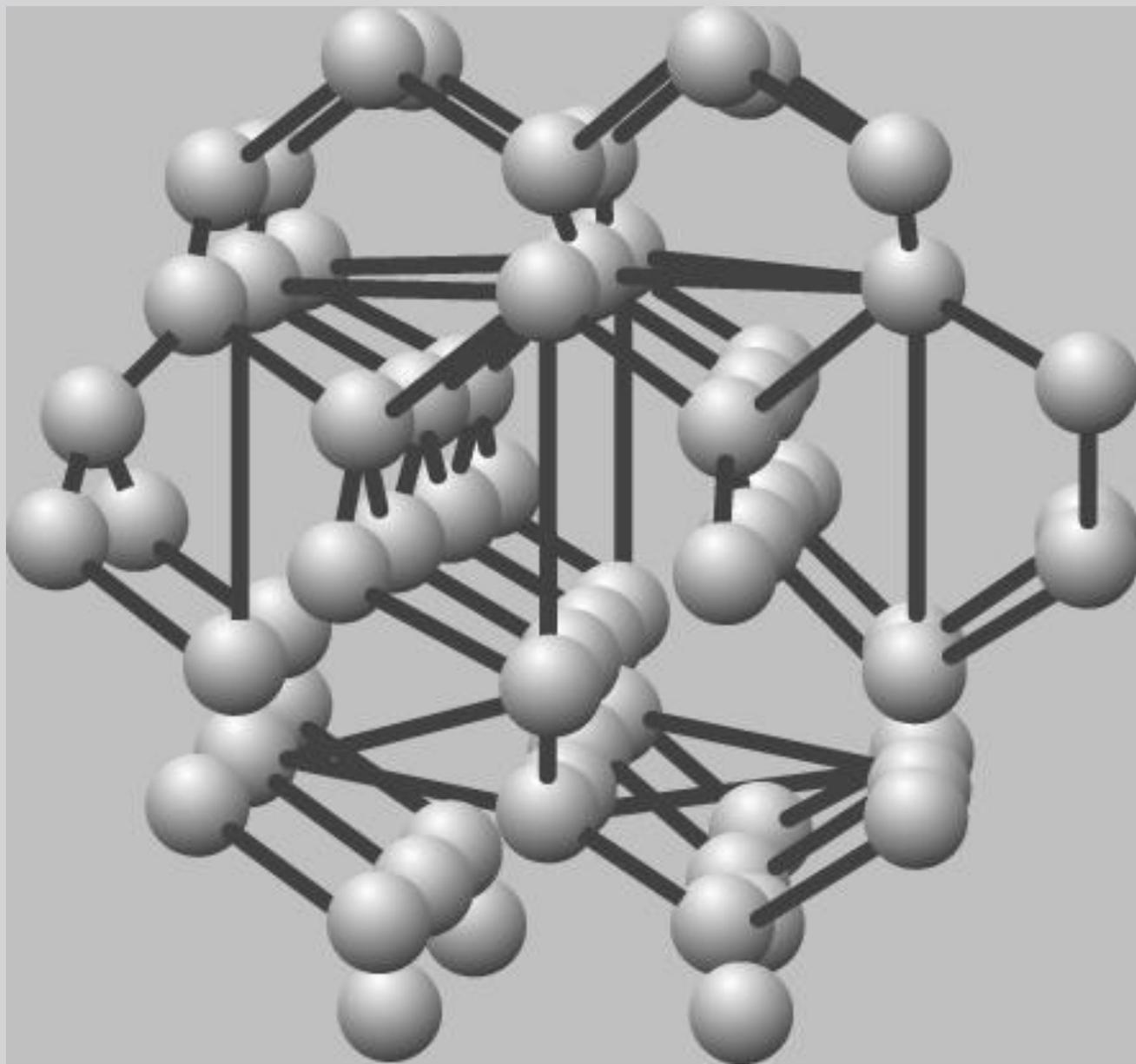
железо имеет четыре полиморфные модификации:



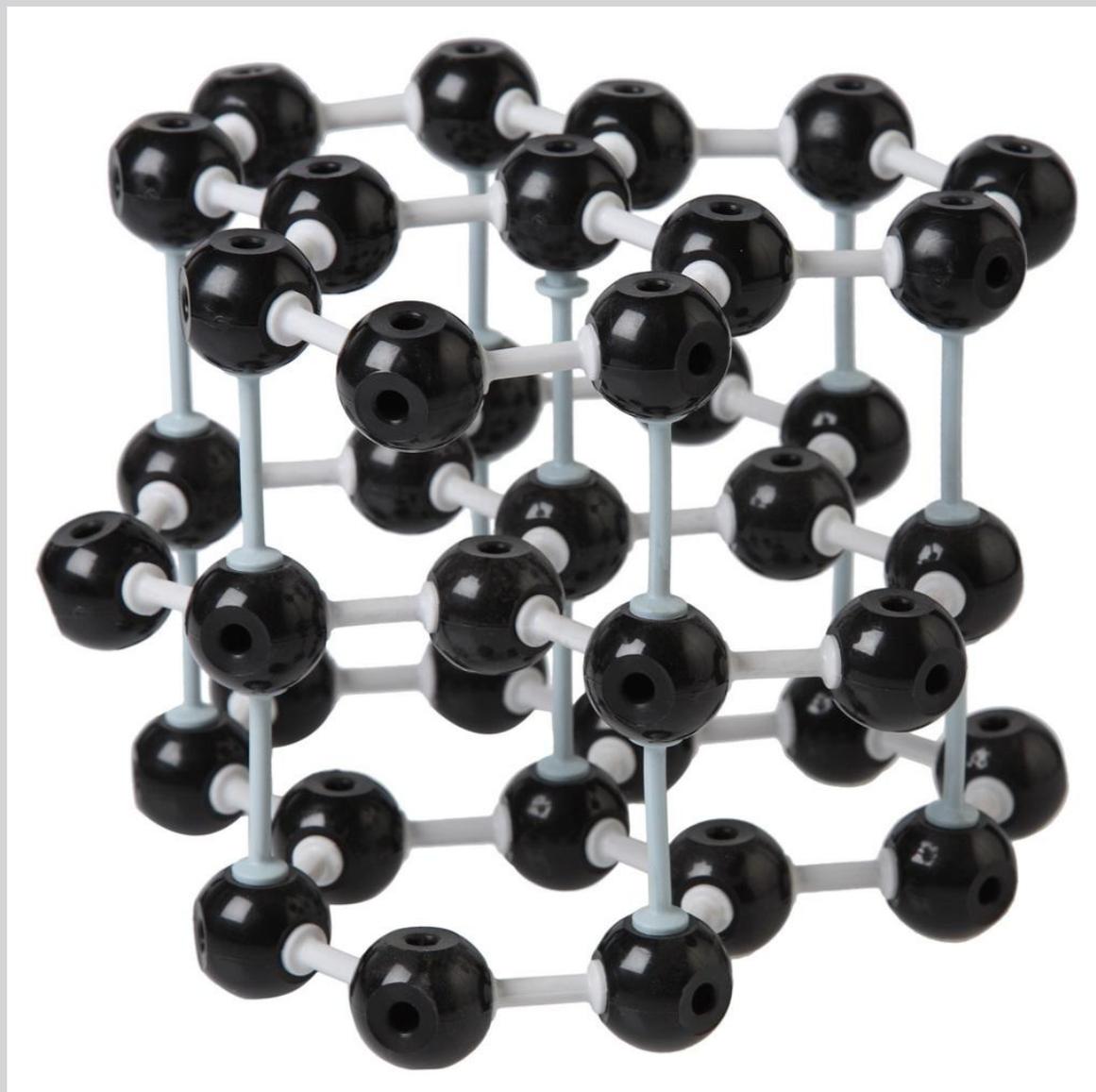
ЦИНК



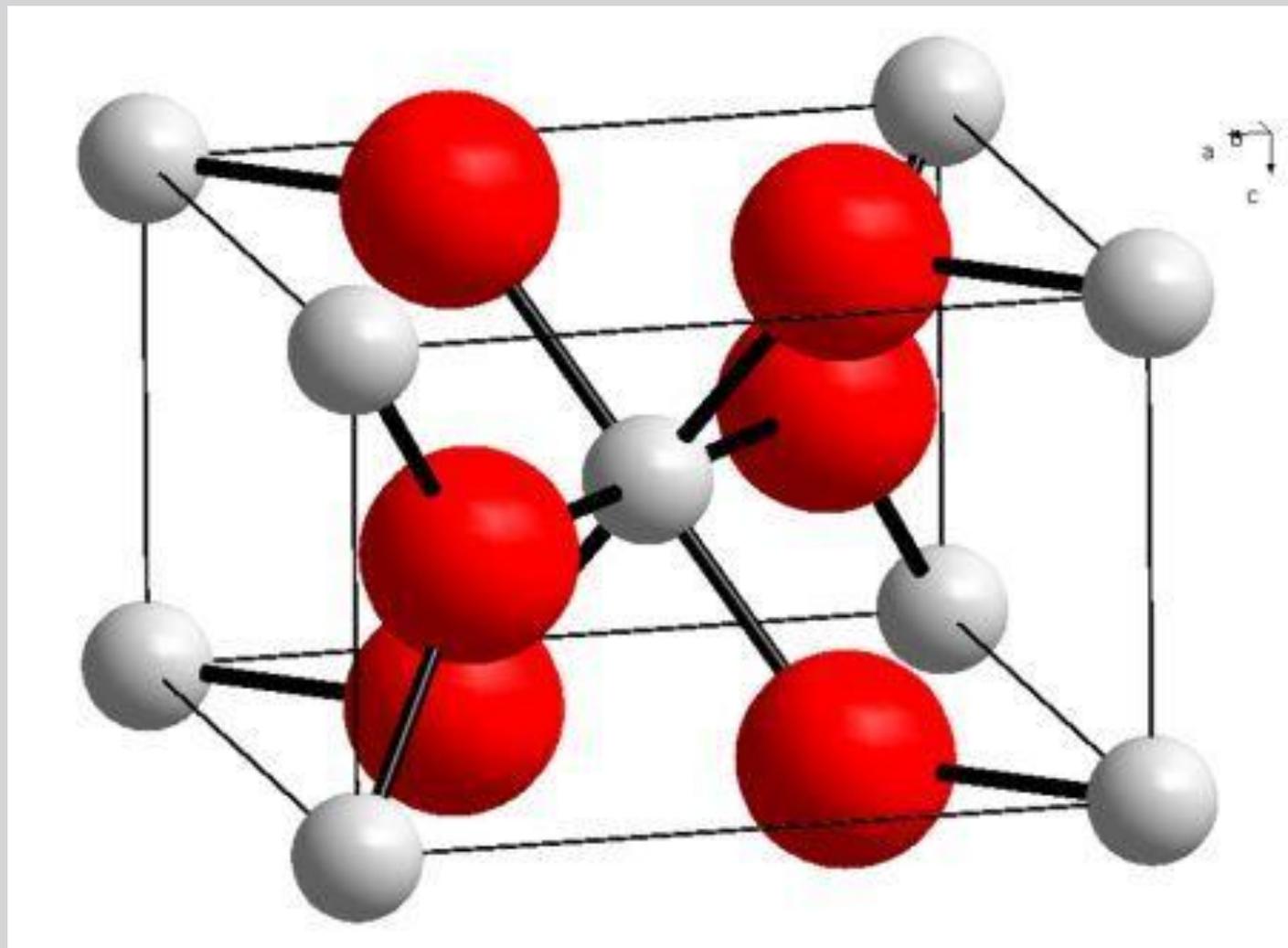
АЛМАЗ



ГРАФИТ

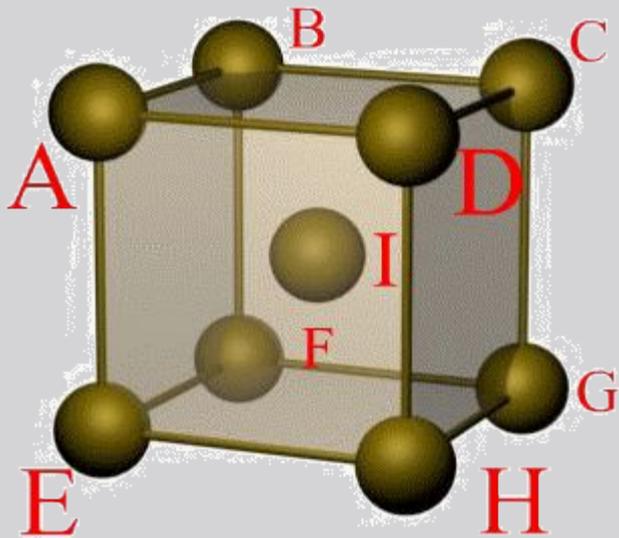


ОЛОВО



Плотность упаковки кристаллической решетки

решетка ОЦК объемно-центрическая кубическая решетка



Сдвиг в кристалле происходит наиболее легко вдоль атомных плоскостей с наиболее плотной упаковкой атомов

В плоскости ABCD количество атомов – 1;
площадь ABCD = a^2 ;

$$S = \frac{a^2}{1} = a^2 \quad \text{– мера плотности упаковки}$$

Количество атомов в плоскости ABGH – 2; площадь ABGH

$$S = a^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7a^2 < a^2$$

В плоскости ABGH плотность упаковки больше чем в ABCD, более вероятен сдвиг вдоль диагональных плоскостей.

Анизотропия

- Анизотропия является свойством **кристаллических тел**, которые не обладают кубической симметрией. Это свойство проявляется только у монокристаллов. У поликристаллов анизотропия тела в целом (макроскопически) может не проявляться вследствие беспорядочной ориентировки микрокристаллов
- В соответствии с этим физические свойства (упругие, механические, тепловые, электрические, магнитные, оптические и др. будут разными по различным направлениям. Неодинаковость свойств кристалла в различных направлениях называют **анизотропией** (пример, если металл раскатать в виде листа, то вдоль листа и по толщине у металла будут разные физические свойства).
- Причиной анизотропности кристаллов является то, что при упорядоченном расположении атомов, молекул силы взаимодействия между ними и межатомные расстояния оказываются неодинаковыми по различным направлениям. Причиной анизотропии молекулярного кристалла может быть также асимметрия его молекул.
- Помимо кристаллов, естественная анизотропия — характерная особенность многих материалов биологического происхождения, например, деревянных брусков.
- Анизотропия свойственна **жидким кристаллам и движущимся жидкостям**.
- Анизотропией обладают **ферромагнетики и сегнетомагнетики**
- Анизотропия происходит при внешнем воздействии (например, механической деформации, воздействия электрического или магнитного поля). В ряде случаев анизотропия среды может сохраняться после исчезновения вызвавшего ее внешнего воздействия.

Свойства материалов и методы их исследований

Материалы обладают механическими, химическими, физическими, эксплуатационными и технологическими свойствами

Механические свойства:

прочность, пластичность,
твердость, ударная вязкость,
выносливость, ползучесть,
износостойкость,
вязкость,
хладоломкость

Технологические свойства:

Пластичность
Ковкость
Усадка
Жидкотекучесть
Износостойкость
Свариваемость
Коррозионная стойкость
Обрабатываемость резанием

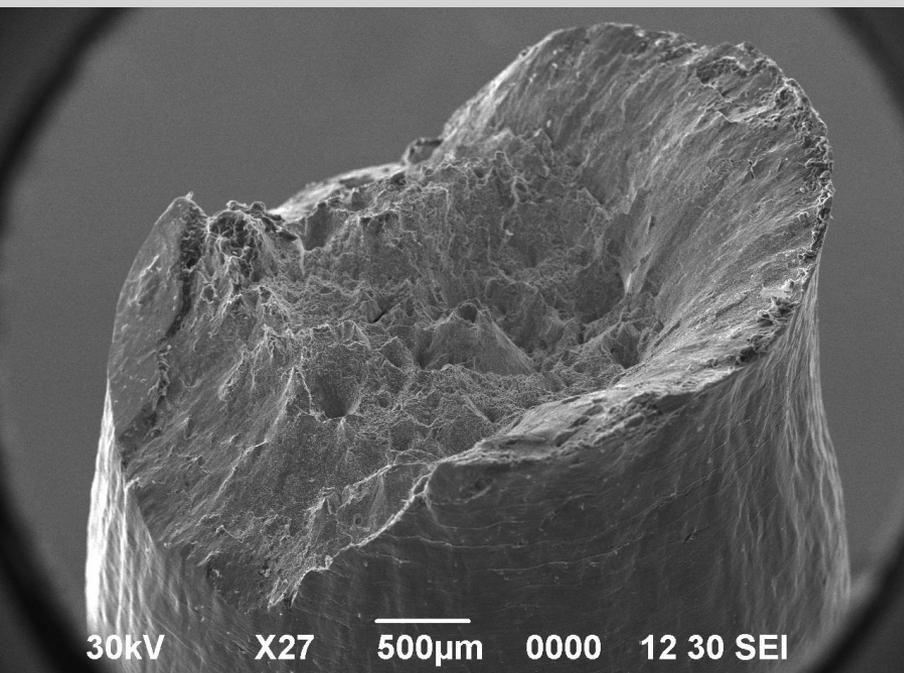
Физические свойства:

Плотность
Удельная теплоемкость
Теплопроводность
Тепловое расширение
Электропроводность

Эксплуатационные свойства

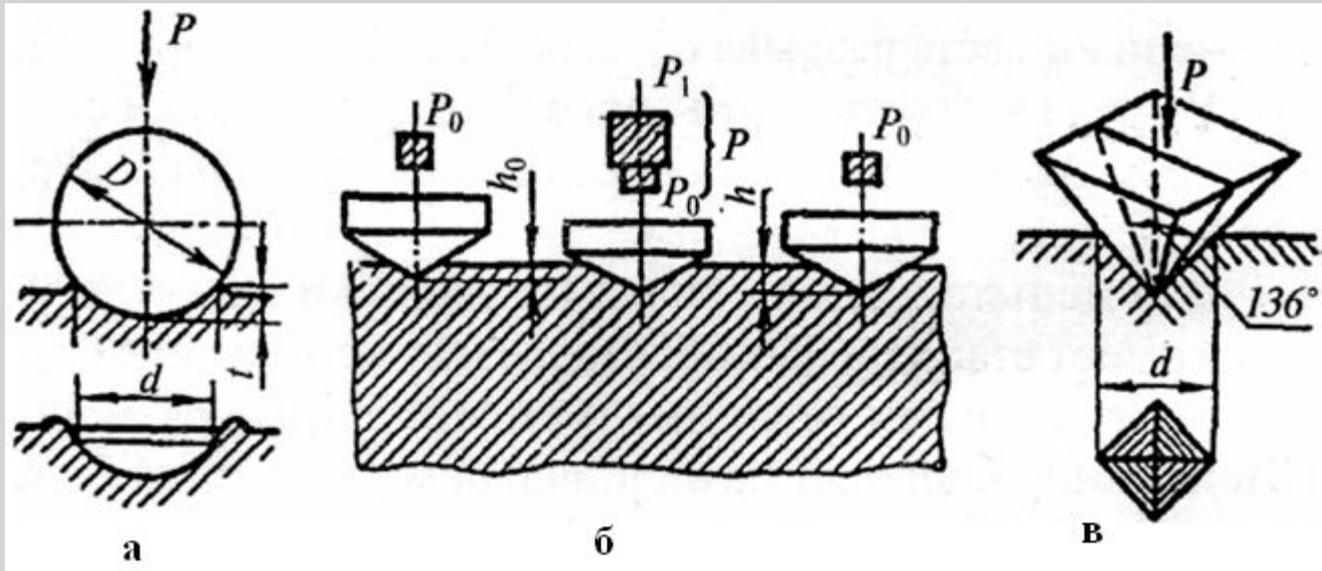
Износостойкость
Коррозионная стойкость
Жаростойкость
Жаропрочность
Хладостойкость
Антифрикционность

Испытание на разрыв

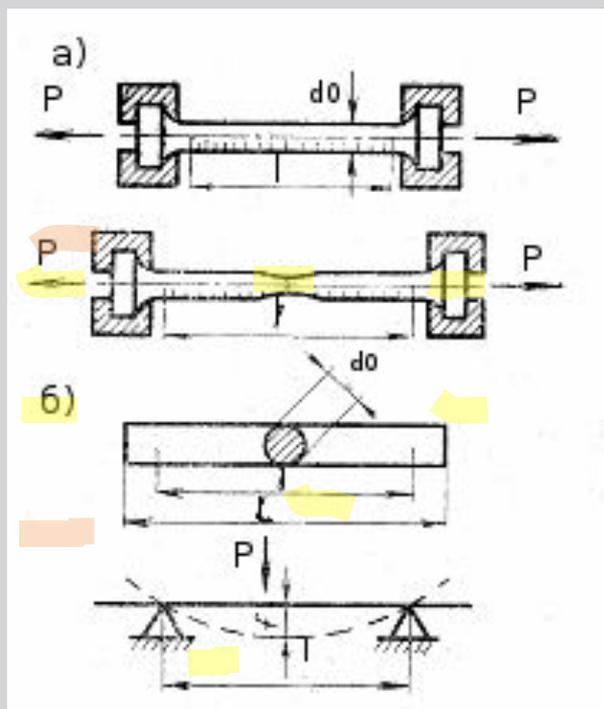


Механические свойства

- **Твердость** — это свойство металла оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела. Методы определения твердости:
- Бринелля (а), Роквелла (б), Виккерса (в)
- — вдавливание шарика из твердой стали (метод Бринелля);
- — вдавливание вершины алмазного конуса или стального шарика (метод Роквелла);
- — вдавливание вершины алмазной пирамиды (метод Виккерса).

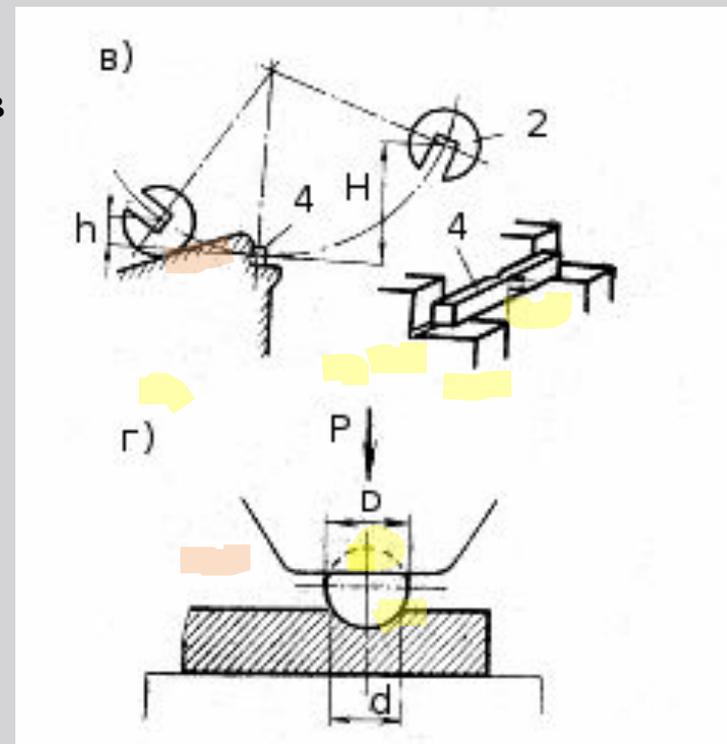


- Напряженное состояние** — это состояние тела, находящегося под действием уравновешенных сил, при установившемся упругом равновесии всех его частиц. **Остаточные напряжения** — это напряжения, остающиеся в теле, после прекращения действия внешних сил, или возникающие при быстром нагревании и охлаждении, если линейное расширение или усадка слоев металла и частей тела происходит неравномерно.
- Внутренние напряжения** образуются при быстром охлаждении или нагревании в температурных зонах перехода от пластического к упругому состоянию металла. Эти температуры для стали соответствуют 400—600°. Если образующиеся внутренние напряжения превышают предел прочности, то в деталях образуются трещины, если они превышают предел упругости, то происходит коробление детали.
- Предел прочности при растяжении** в $\text{кг}/\text{мм}^2$ определяется на разрывной машине как отношение нагрузки P в кг , необходимой для разрушения стандартного образца к площади поперечного сечения образца в мм^2 .



Методы испытания механических свойств материалов:

- а - на растяжение;
- б - на изгиб;
- в - на ударную вязкость;
- г - на твёрдость



Механические свойства основных промышленных сплавов

Название сплава	Предел прочности при растяжении в кг/мм ²	Удлинение	Твердость по Брине лю НВ	Примерное назначение
Чугун серый	12—38	до 0,25	143—220	Отливки фасонные
Чугун высокопрочный	30—60	0,5—10	170—262	Ответственные отливки
Сталь малоуглеродистая (мягкая)	32 — 70	11 — 28	100—130	Котельное железо трубы, котлы
Сталь среднеуглеродистая (средней твердости)	50—70	12 — 16	170 — 200	Оси, шатуны, валы, рельсы
Сталь твердая после закалки и отпуска	110—140	до 9	400—600	Инструмент ударный и режущий
Бронза оловянистая	15 — 25	3—10	70—80	Детали, работающие на истирание и подверженные коррозии
Бронза алюминиевая	40—50	10	120	То же
Латунь однофазная	25 — 35	30-60	42—60	Патронно-гильзовое производство
Латунь двухфазная	35—45	30—40	—	Детали, изготовленные горячей штамповкой
Силумин (сплав алюминия)	21—23	1 — 3	65—100	Детали в авиастроении и автостроении
Сплавы магния	24 — 32	10—16	60—70	То же

Технологические свойства металлов и сплавов

Пластичность

- способность металла, подвергнутого нагрузке, деформироваться под действием внешних сил без разрушения и давать остаточную (сохраняющуюся после снятия нагрузки) деформацию. Пластичность характеризуют величиной удлинения образца при растяжении.

Ковкость

- Способность металла без разрушения поддаваться обработке давлением (ковке, прокатке, прессовке и т.д.) называется его ковкостью. Ковкость металла зависит от его пластичности. Пластичные металлы обычно обладают и хорошей ковкостью.

Усадка

- Усадка - сокращение объема расплавленного металла при его застывании.

Жидкотекучесть

- **Способность расплавленного металла заполнять форму и давать хорошие отливки, точно воспроизводящие форму. Жидкотекучесть способствует получению плотной структуры отливки благодаря полному выделению из жидкого металла газов. Жидкотекучесть металла определяется его вязкостью в расплавленном состоянии.**

Износостойкость

- **Способность металла сопротивляться истиранию, разрушению поверхности или изменению размеров под действием трения.**

Коррозионная стойкость

- **Способность металла сопротивляться химическому или электрохимическому разрушению его во внешней влажной среде под действием химических реактивов и при повышенных температурах.**

Обрабатываемость

- **Способность металла обрабатываться при помощи различных режущих инструментов.**

Эксплуатационные свойства

- ▣ Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

Износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

Коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

Жаростойкость – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

Жаропрочность – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

Хладостойкость – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

Антифрикционность – способность материала прирабатываться к другому материалу.

При выборе материала для создания конструкции необходимо полностью учитывать механические, технологические и эксплуатационные свойства.

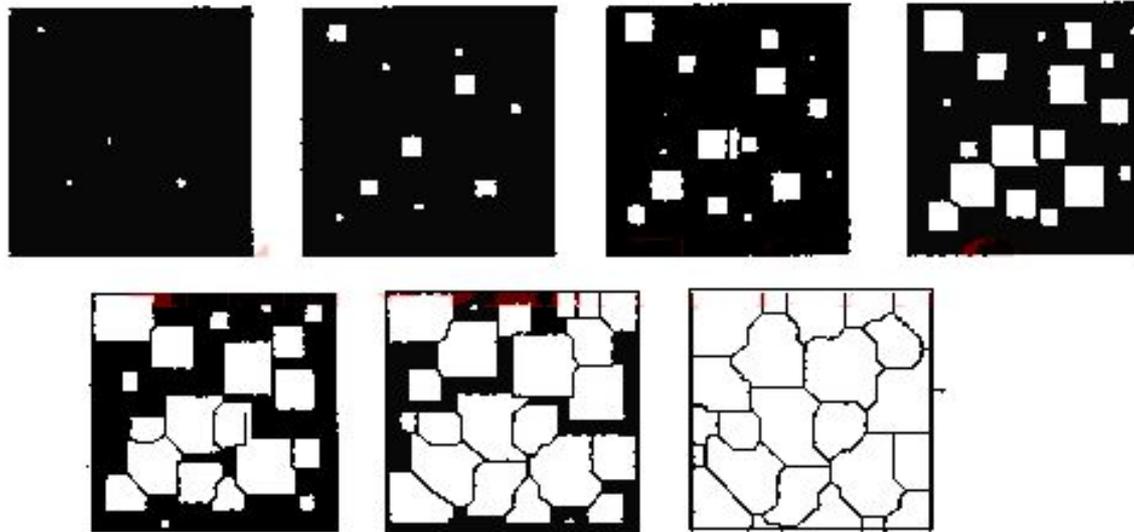
ТЕМА 1.2 ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кристаллическая решетка, её типы. Влияние структуры кристаллической решетки на свойства металлов и сплавов. Процесс кристаллизации, дефекты кристаллической решетки, влияние дефектов на свойства металлов



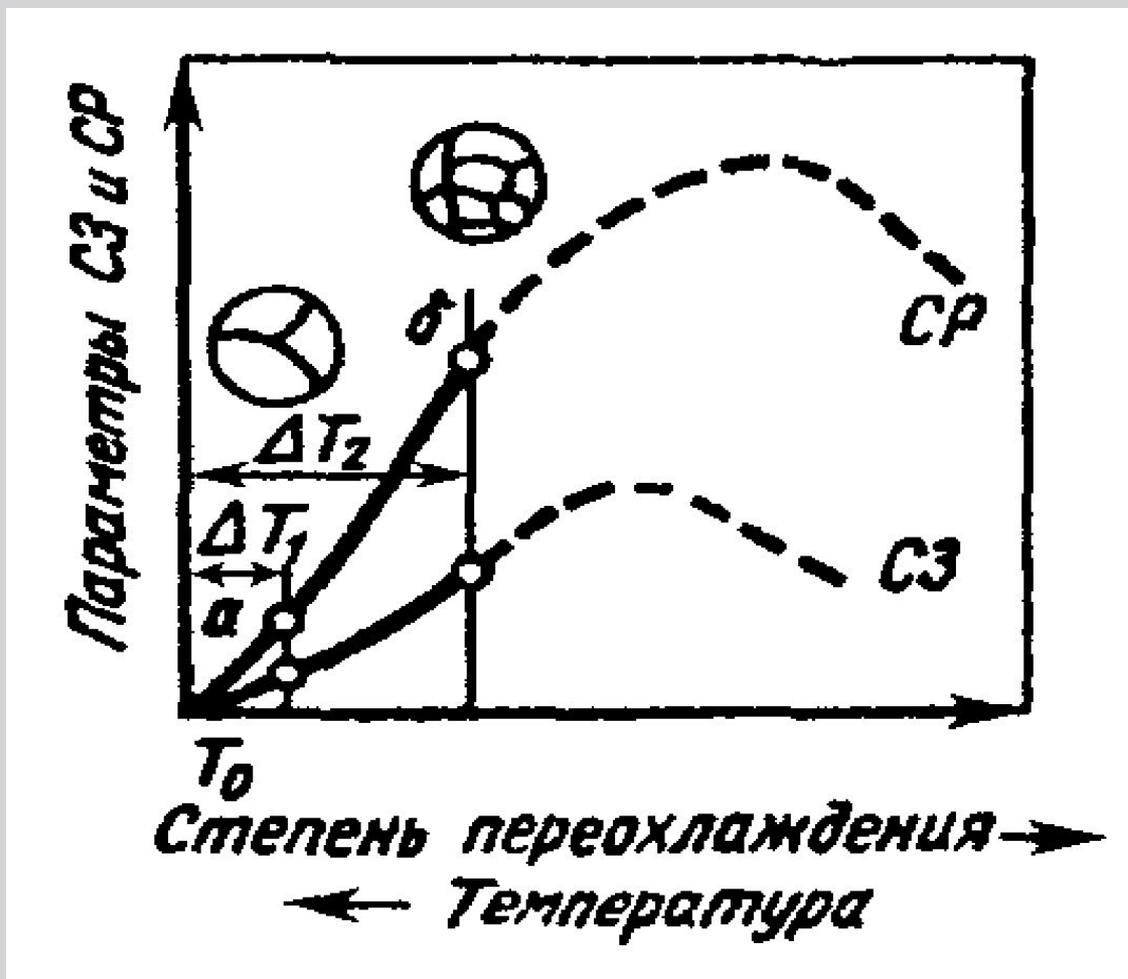
Процесс кристаллизации

Модель процесса кристаллизации



При охлаждении раствора подвижность атомов падает. Центры кристаллизации образуются в жидкой фазе независимо друг от друга в случайных местах. Кристаллы имеют правильную форму, но по мере столкновения и срастания с другими кристаллами форма нарушается. Рост продолжается в направлениях, где есть свободный доступ питающей среды. Результат кристаллизации **поликристаллическое тело**

Кристаллизация зависит от скорости зарождения центров (СЗ) и скорости роста кристаллов (СР). СЗ и СР зависят от переохлаждения



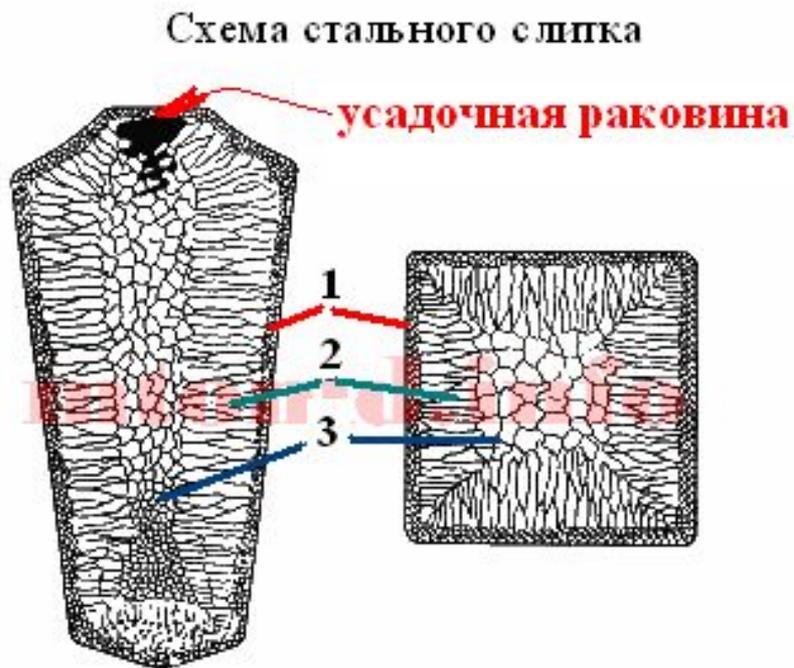
Управление процессом кристаллизации

Размер зерна определяется не только степенью переохлаждения. Важную роль играют температура нагрева и разливки металла, его химический состав и особенно присутствие посторонних примесей. В реальных условиях самопроизвольное зарождение кристаллов в жидком металле затруднено. Источником образования зародышей служат различные твердые частицы: неметаллические включения, оксиды, продукты раскисления.

Чем больше примесей, тем больше центров, тем мельче зерна.

Форма кристаллов и строение слитков.

- Рост кристаллов во второй зоне идет направленно. Они растут перпендикулярно стенкам изложницы, образуются древовидные кристаллы – **дендриты**.



В верхней части слитка образуется усадочная раковина, которая подлежит отрезке и переплавке, так как металл более рыхлый (около 15...20 % от длины слитка).

1-мелкокристаллическая корковая зона; 2-зона столбчатых кристаллов; 3-внутренняя зона крупных равноосных кристаллов

При изготовлении слитков стремятся к получению мелкозернистой структуры. Оптимальными условиями для этого являются:

- **максимальное число центров кристаллизации и малая скорость роста кристаллов.**

Размер зерен зависит и от числа частичек нерастворимых примесей, которые играют роль готовых центров кристаллизации – оксиды, нитриды, сульфиды. Чем больше частичек, тем мельче зерна закристаллизовавшегося металла.

Стенки изложниц имеют неровности, шероховатости, которые увеличивают скорость кристаллизации.

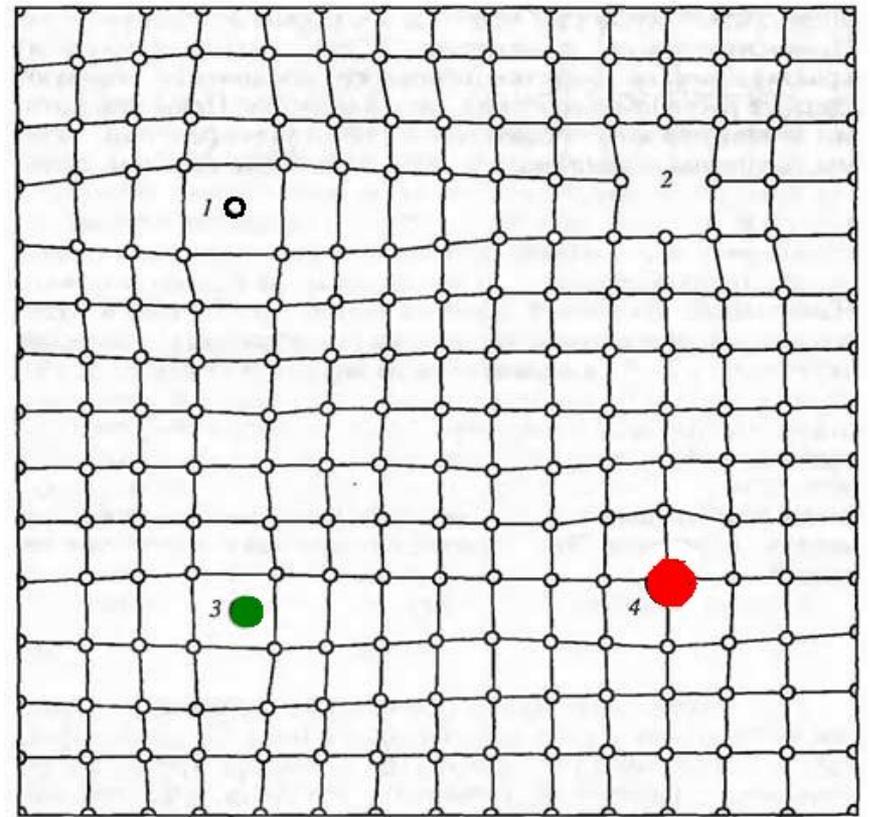
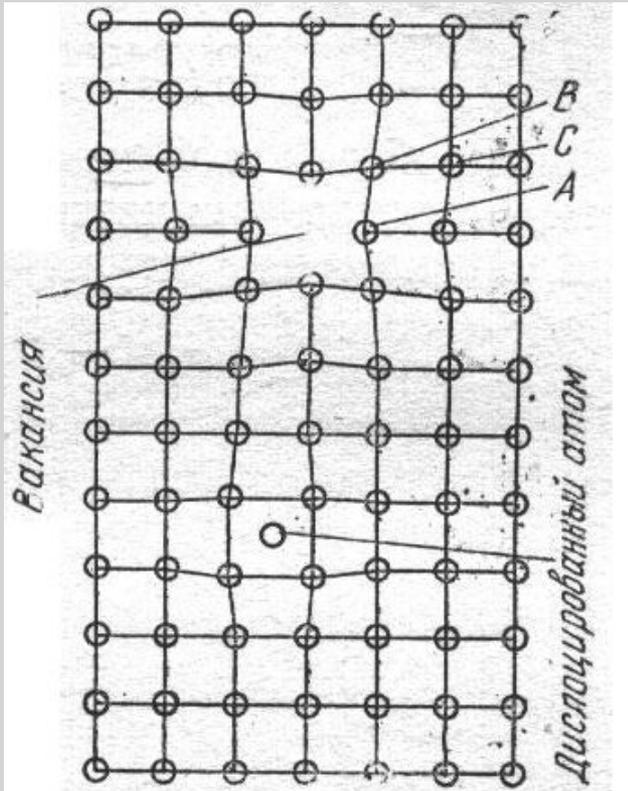
Мелкозернистую структуру можно получить в результате **модифицирования**, когда в жидкие металлы добавляются посторонние вещества – **модификаторы**.

По механизму воздействия модификаторы различают: Вещества не растворяющиеся в жидком металле – выступают в качестве дополнительных центров кристаллизации.

Поверхностно – активные вещества, которые растворяются в металле, и, осаждаясь на поверхности растущих кристаллов, препятствуют их росту

Дефекты кристаллов - кристаллическое строение вещества неидеально, поэтому при деформации разрушения начинаются с дефектных мест (дислокаций)

Различают точечные, линейные, поверхностные и объемные дефекты кристаллического строения вещества



Типы точечных дефектов кристаллической решетки; межузельный атом (1), вакансия (2), примесные атомы внедрения (3) и замещения (4)

Контрольные вопросы

- ▣ 1. Как образуется поликристаллическое тело?
- ▣ 2. Как образуется стеклообразное состояние металла?
- ▣ 3. От чего зависит скорость кристаллизации?
- ▣ 4. Что может стать центром кристаллизации?
- ▣ 5. От чего зависит размер зерна при кристаллизации?
- ▣ 6. Что такое усадочная раковина, где она образуется?
- ▣ 7. Оптимальные условия для получения мелкозернистой структуры.
- ▣ 8. Что такое модификатор?
- ▣ 9. Привести пример аморфных веществ, где они применяются.
- ▣ 10. Привести пример кристаллических веществ.
- ▣ 11. Перечислить металлы, имеющие аллотропические формы.
- ▣

Тема 1.3 занятие 1 Понятие о сплавах и методах их получения. Виды сплавов, понятие о диаграмме состояния сплава. Структурные составляющие железоуглеродистых сталей и их краткая характеристика (феррит, цементит, ледебурит).

Сплав – твердый раствор, состоящий из смеси— твердый раствор, состоящий из смеси двух или большего числа химических элементов с преобладанием металлических компонентов.

Виды сплавов

По способу изготовления различают литые и порошковые По способу изготовления различают литые и порошковые сплавы. Порошковые — получают прессованием смеси порошков или спеканием По способу изготовления различают литые и порошковые сплавы. Порошковые — получают прессованием смеси порошков или спеканием при

Фазы металлических сплавов

- В сплавах компоненты могут вступать во взаимодействие друг с другом с образованием различных фаз. Различают следующие фазы металлических сплавов:
 - — **жидкие растворы;**
 - — **твердые растворы;**
 - — **химические соединения.**
- **Жидкие растворы.** Большинство металлов растворяются друг в друге в жидком состоянии неограниченно (в любых соотношениях). При этом образуется однородный жидкий раствор, в котором атомы растворимого металла равномерно распределены среди атомов металла-растворителя .
- **Твердые растворы.** В твердом растворе металл-растворитель сохраняет свою кристаллическую решетку, а растворимый элемент (металл или неметалл) распределяется в ней в виде отдельных атомов.
 - Твердые растворы бывают двух типов:
 - — твердые растворы замещения
 - — твердые растворы внедрения
- При образовании твердого раствора **внедрения** прочность во много раз больше, чем при образовании твердого раствора **замещения** той же концентрации. Сочетание повышенной прочности и хорошей пластичности позволяет использовать твердые растворы как основу конструкционных сплавов. Благодаря высокой пластичности сплавы — твердые растворы легко деформируются, но плохо обрабатываются резанием. Такие сплавы имеют низкие литейные свойства.
- **Способы получения сплавов:**
 - Расплавлением и смешиванием компонентов;
 - Порошковая металлургия;
 - Напыление в вакууме;
 - Конденсация;
 - Диффузия;

- **Сплавы, используемые в промышленности:**

- стали

- чугуны

- Дюралюминий

- **Со специальными свойствами (например, искробезопасность, антифрикционные**

- бронзы

- латуни

- **Для заливки подшипников:**

- баббит

- **Для измерительной и электронагревательной аппаратуры:**

- манганин

- нихром

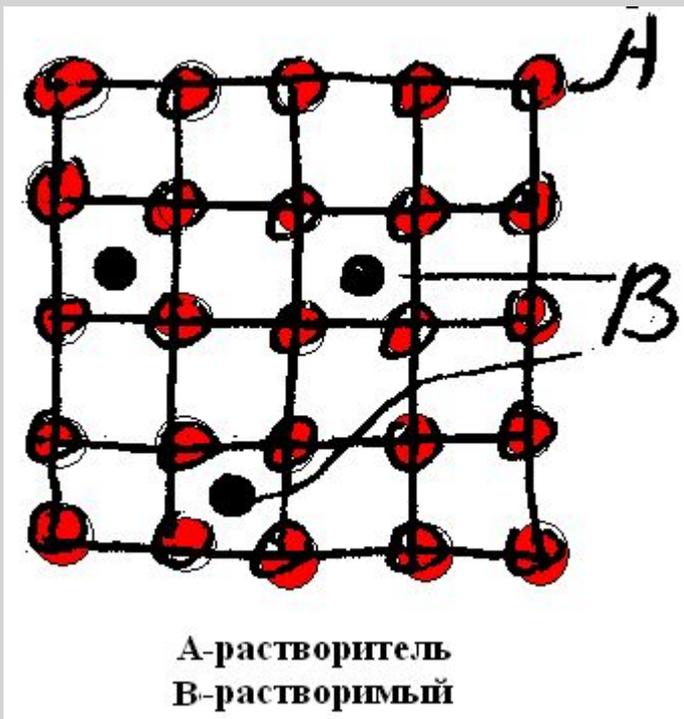
- **Для изготовления режущих инструментов:**

- Победит

- Жаропрочные Жаропрочные, легкоплавкие Жаропрочные, легкоплавкие и коррозионостойкие Жаропрочные, легкоплавкие и коррозионностойкие сплавы, термоэлектрические Жаропрочные, легкоплавкие и коррозионностойкие сплавы, термоэлектрические и магнитные материалы Жаропрочные, легкоплавкие и коррозионностойкие сплавы, термоэлектрические и магнитные материалы, а также аморфные сплавы

Раствор внедрения:

- Сталь типичный представитель



Раствор замещения:
компоненты должны иметь
один и тот же тип решетки
размеры не должны
отличаться более чем на
5-7%, должна быть одна и
та же валентность

прочнее

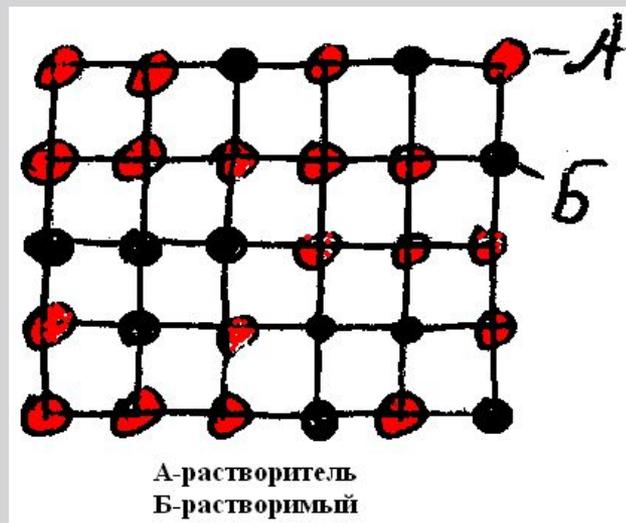


Диаграмма состояния (фазовая диаграмма), графическое изображение всех возможных состояний термодинамической системы в координатах - температура T , давления p и состава x (%).

Диаграммы состояния строят на основе экспериментальных данных, которые позволяют определять зависимости температур плавления строят на основе экспериментальных данных, которые позволяют определять зависимости температур плавления или кристаллизации строят на основе экспериментальных данных, которые позволяют определять зависимости температур плавления или кристаллизации от состава, а также изучением равновесий жидкость строят на основе экспериментальных данных, которые позволяют определять зависимости температур плавления или кристаллизации от состава, а также изучением равновесий жидкость - пар строят на основе экспериментальных данных, которые позволяют определять зависимости температур плавления или кристаллизации от состава, а также изучением равновесий жидкость - пар и жидкость - жидкость. По рентгеновскому анализу судят о микроструктуре затвердевших расплавов и физических свойствах фаз.

Теоретическими основами построения диаграмм состояния являются:

- 1) условие фазового равновесия, т.е. химические возможности каждого компонента во всех фазах при равновесии равны;
- 2) условие химического равновесия, согласно которому сумма химических потенциалов вступающих в реакцию веществ равна сумме для продуктов

□ **Контрольные вопросы**

- **1. Что такое сплав?**
- **2. Примеры сплавов.**
- **3. Способы получения сплавов.**
- **4. Какой сплав прочнее твердого раствора внедрения или твердого раствора замещения?**
- **5. Объясните понятие «фаза» для сплава**
- **6. Какие бывают фазы?**
- **7. На основе чего строится диаграмма состояния сплава?**
- **8. В каких координатах строится диаграмма?**

Тема 1.3 занятие 2 Анализ упрощенной диаграммы состояния сплава железо-углерод. Влияние примесей на структуру сплава.

Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

1. При образовании механических смесей (рис.а) свойства изменяются по линейному закону. Значения характеристик свойств сплава находятся в интервале между характеристиками чистых компонентов.
2. При образовании твердых растворов с неограниченной растворимостью (рис.б) свойства сплавов изменяются по криволинейной зависимости, причем некоторые свойства, например, электросопротивление, могут значительно отличаться от свойств компонентов.
3. При образовании твердых растворов с ограниченной растворимостью (рис.в) свойства в интервале концентраций, отвечающих однофазным твердым растворам, изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области – по линейному закону. Причем крайние точки на прямой являются свойствами чистых фаз, предельно насыщенных твердых растворов, образующих данную смесь.
4. При образовании химических соединений (рис.г) концентрация химического соединения отвечает максимуму на кривой. Эта точка перелома, соответствующая химическому соединению, называется сингулярной точкой.

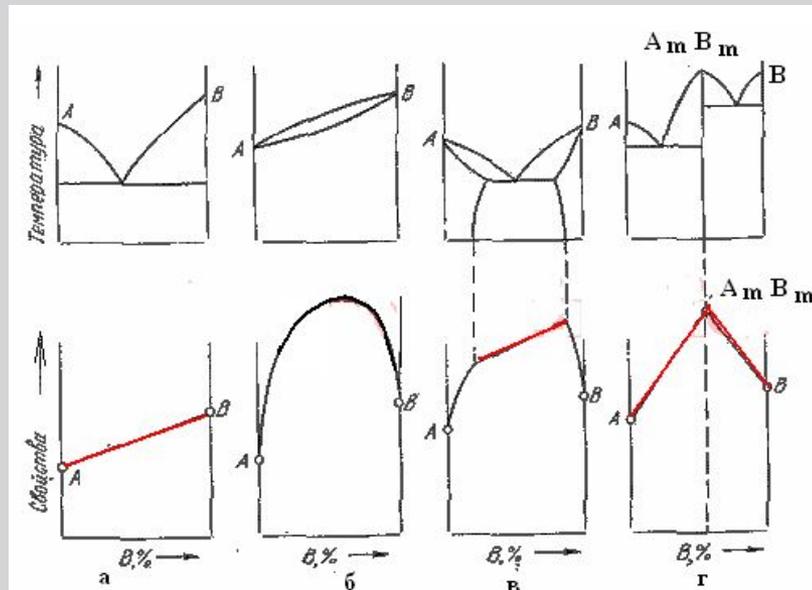


Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии

Число фаз в данной системе три – жидкий раствор, твердый раствор компонента В в компоненте А (обозначим его α) и твердый раствор компонента А в компоненте В (обозначим его β). КСD – линия ликвидуса, линия полного плавления твёрдых фаз. Линия, выше которой находится только жидкость. КЕСFD – линия солидуса, ниже которой находится только твердая фаза. На линии солидуса KE сплавы затвердевают с образованием кристаллов α , на линии DF – кристаллов β . На линии солидуса ECF происходит кристаллизация α - и β -фаз с образованием эвтектики в точке С.

Состав точки С после затвердевания состоит только из одной эвтектики $\alpha+\beta$. Сплавы, находящиеся левее точки С (на линии ЕС), имеют структуру α +эвтектика ($\alpha+\beta$) и являются доэвтектическими. Сплавы правее точки С (на линии CF), имеют структуру β +эвтектика ($\alpha+\beta$) и являются заэвтектическими.

Линия ES показывает ограниченную растворимость в твердом состоянии компонента В в компоненте А, уменьшающуюся с понижением температуры, а линия FM – растворимость компонента А в В, не изменяющуюся с понижением t .

Точка E характеризует предельную растворимость компонента В в компоненте А, а точка F – А в В.

В сплавах, состав которых находится между точками S и E', т.е. за пределом растворимости В в А, образовавшиеся при затвердевании кристаллы, при понижении температуры ниже линии ES пересыщены компонентом В, и поэтому происходит выделение из них избыточных кристаллов, которыми являются кристаллы β концентрации точки М, называемые вторичными (β_{II}).

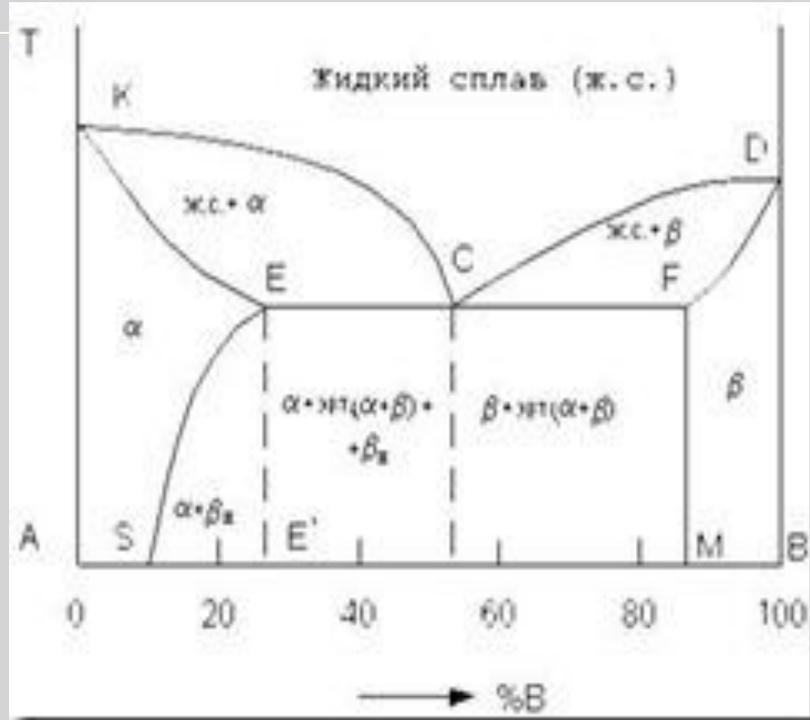
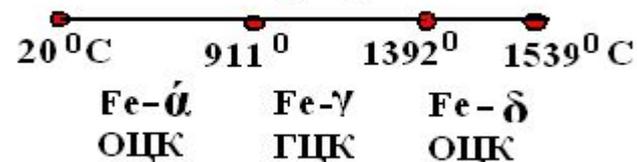


Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

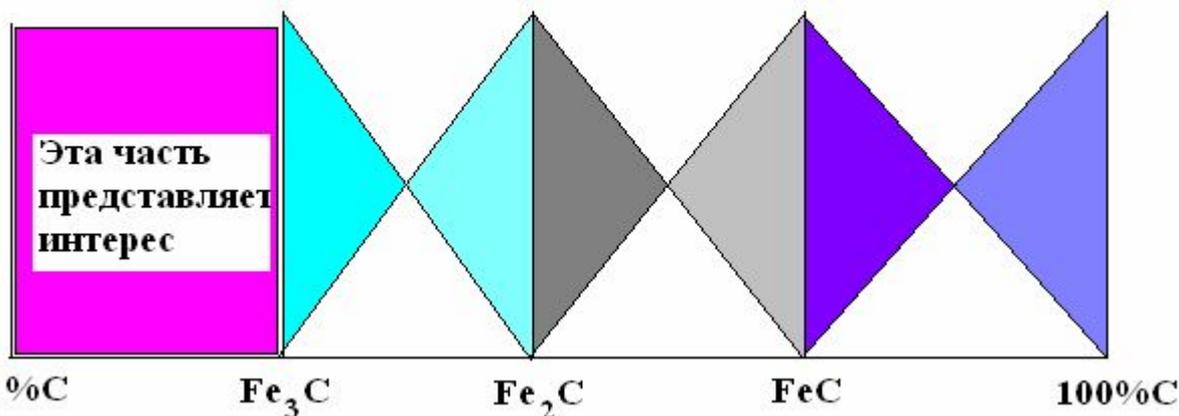
Углерод имеет растворимость в железе, зависящую от температуры и от типа решетки самого железа.

Температурные диапазоны для чистого железа - зависимость состояния кристаллической решетки от температуры



Fe- δ рассматриваться не будет, так как не представляет интереса

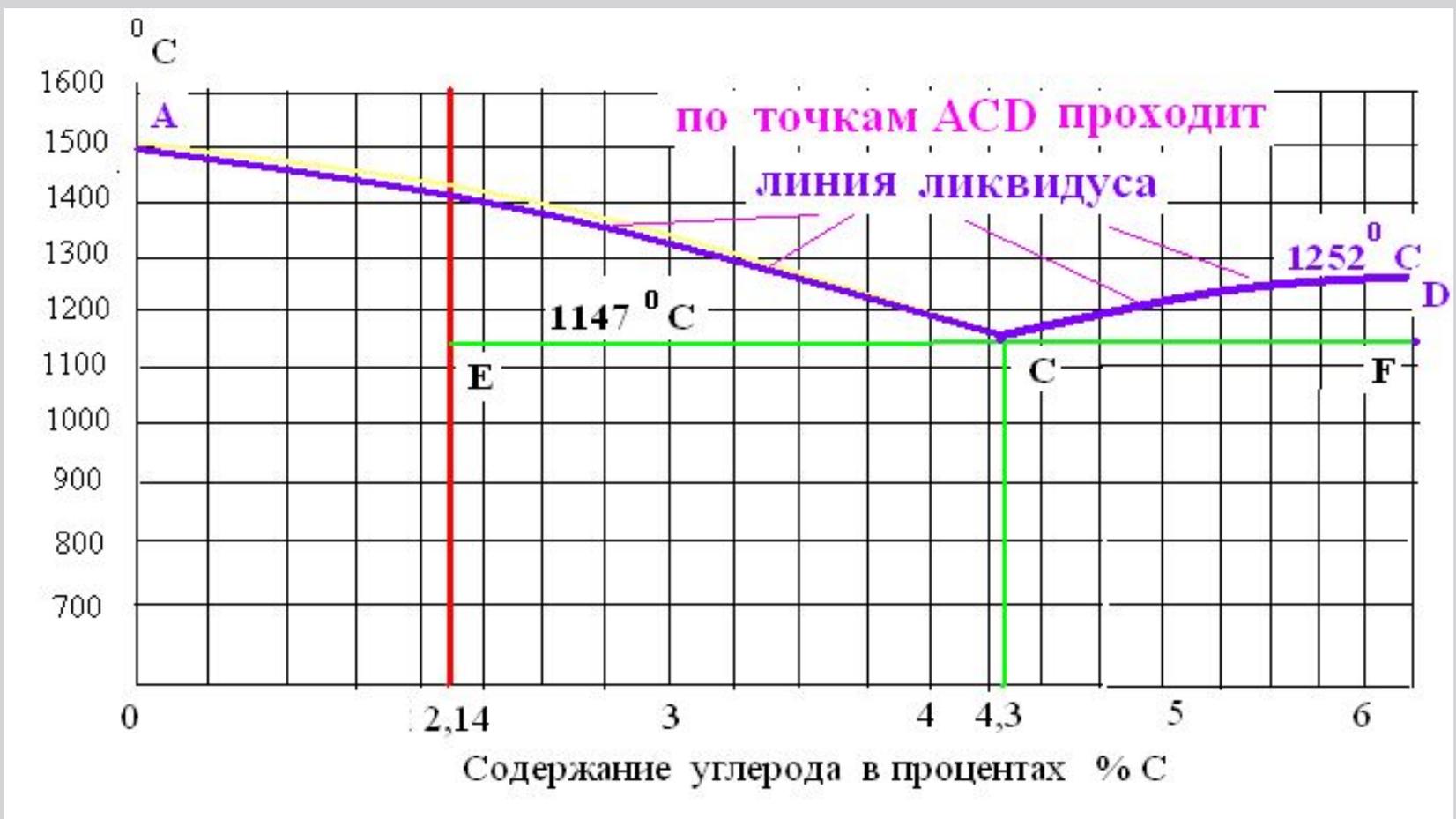
Диаграмма железо цементит ($\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$) является частью диаграммы железо углерод



ГРАНИЦА МЕЖДУ СТАЛЬЮ И ЧУГУНОМ

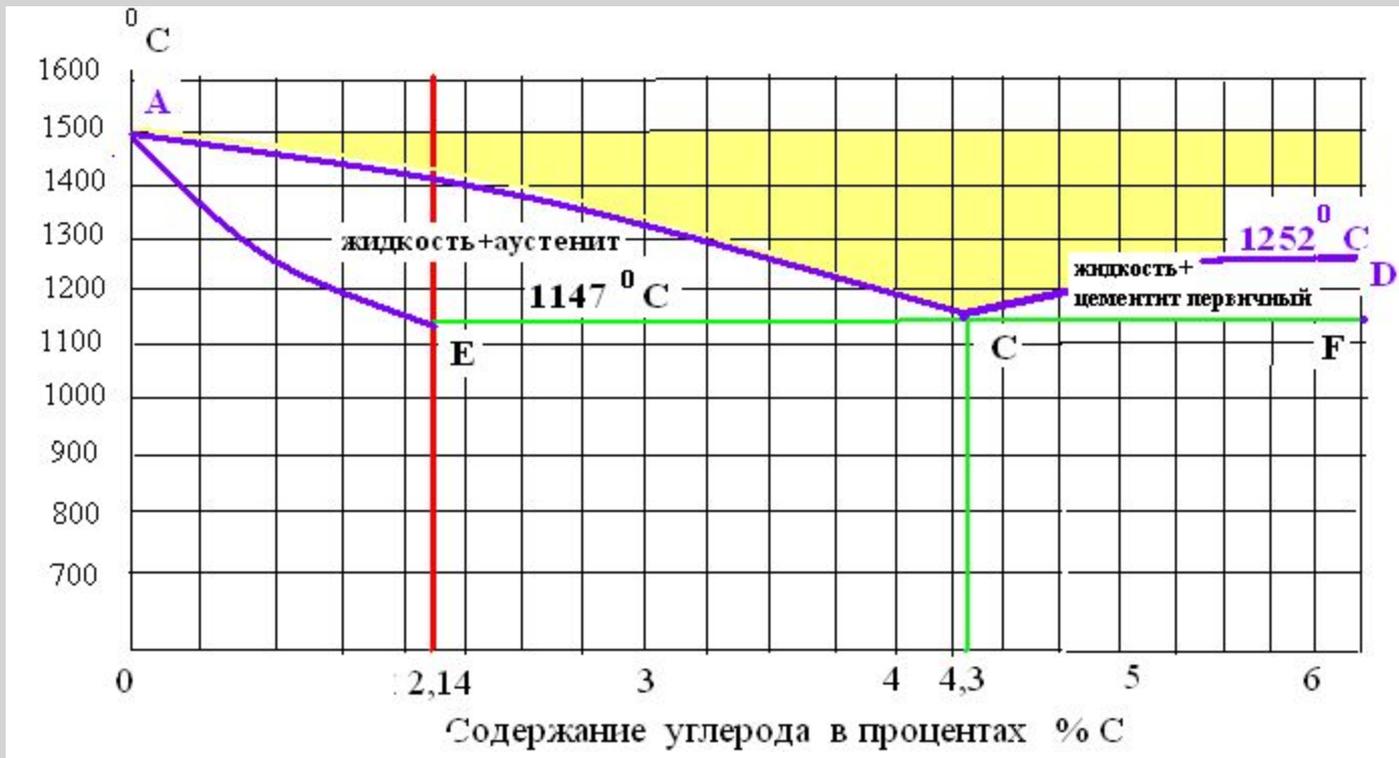


При температуре 1147°C жидкий сплав кристаллизуется, т.е с содержанием углерода $4,3\%$, называется линией эвтектики (механической смеси двух фаз аустенита и цементита)

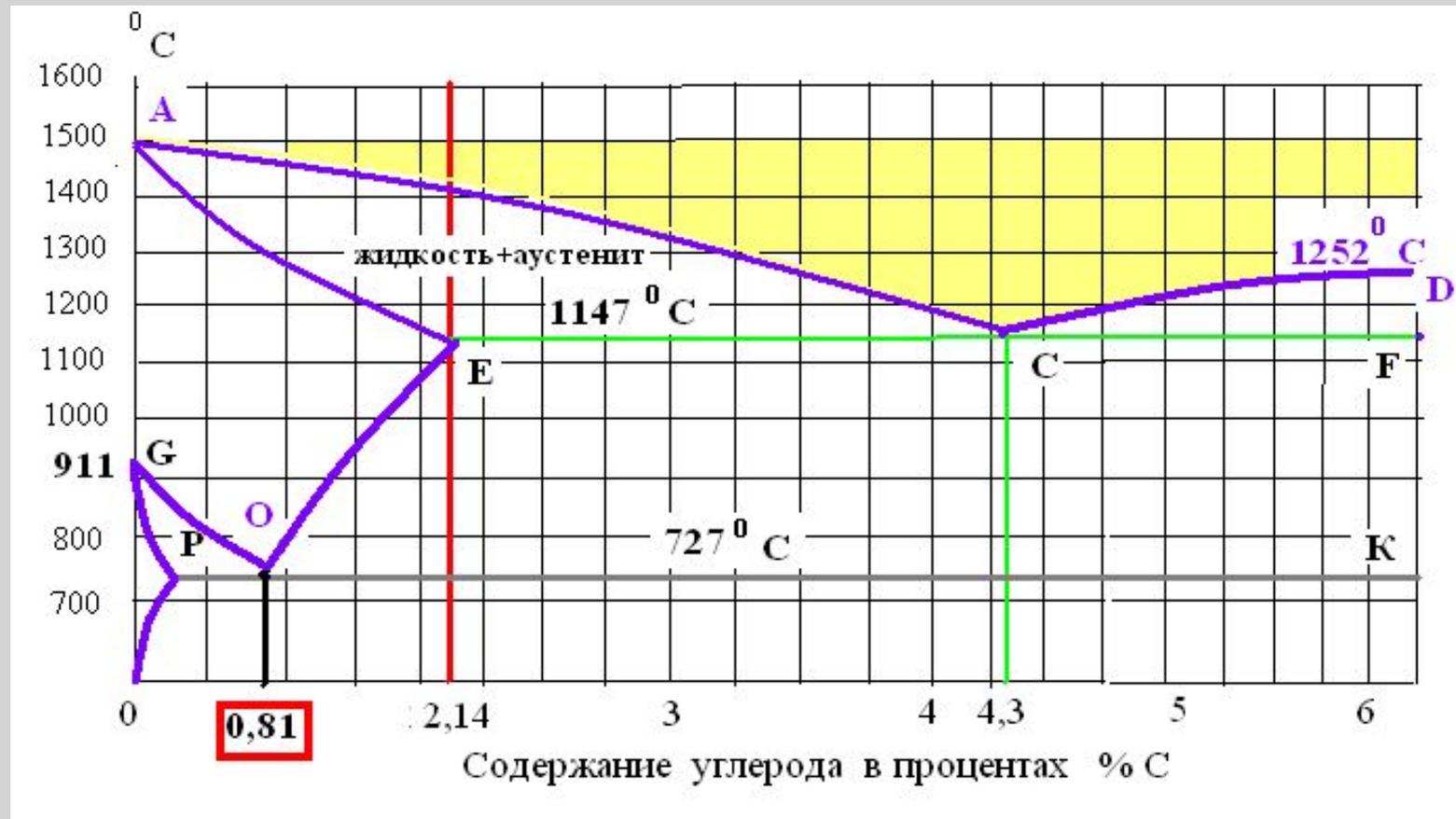


Начало кристаллизации, металл остывает

- Линия АЕ-солидус



- Появилась точка **G** и мы соединили т.Е с т.О, а т.О с т.Г. В зоне **AEOG** металл находится в виде аустенита
- Аустенит γ -Fe - твердый раствор углерода в γ -железе. Предельная растворимость углерода в γ -железе 2,14%. Он устойчив только при высоких температурах, а с некоторым примесями (Mn, Cr и др.) при обычных (даже низких) температурах.



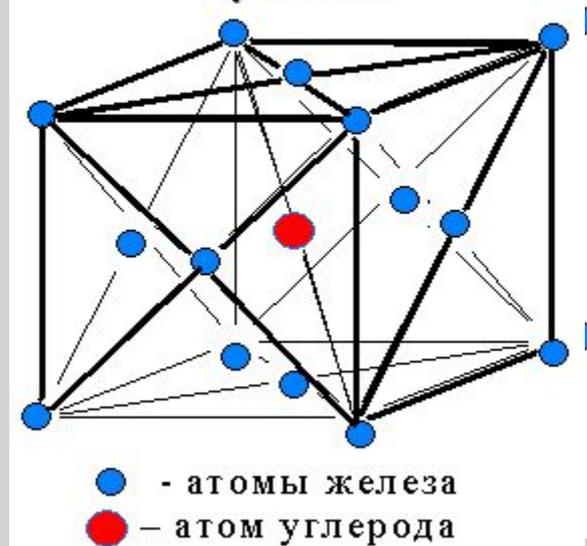
Кристаллическая структура изменяется в зависимости от температуры ($\gamma = \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$); Fe_3C -цементит

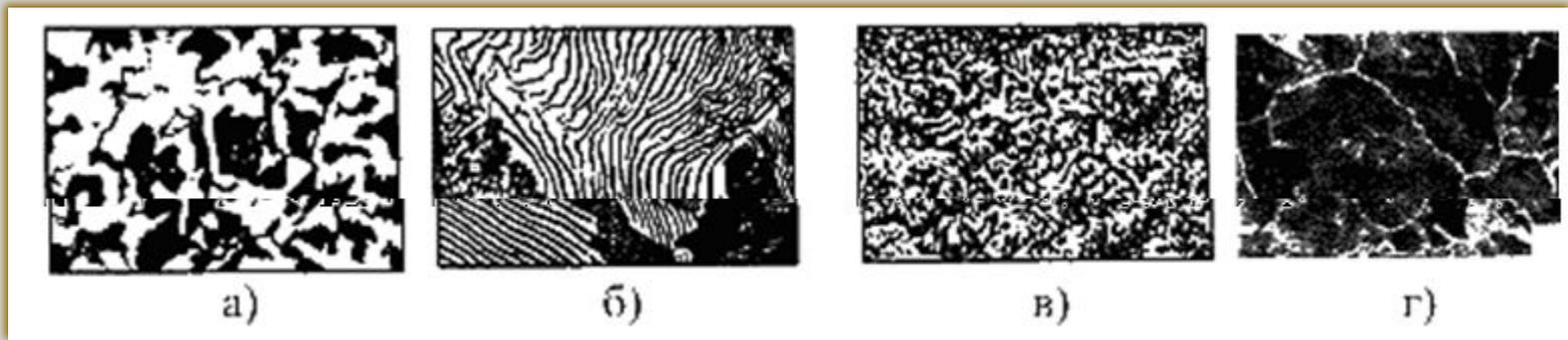
Кривая охлаждения чистого металла (железа)



Атомная решетка аустенита

Кристаллическая решетка аустенита





- По микроструктуре сплавов можно приблизительно определить количество углерода в составе сплава, учитывая следующее: количество углерода в перлите составляет 0,8 %, в цементите – 6,67 %. Ввиду малой растворимости углерода в феррите, принимается, что в нем углерода нет

□ **Контрольные вопросы**

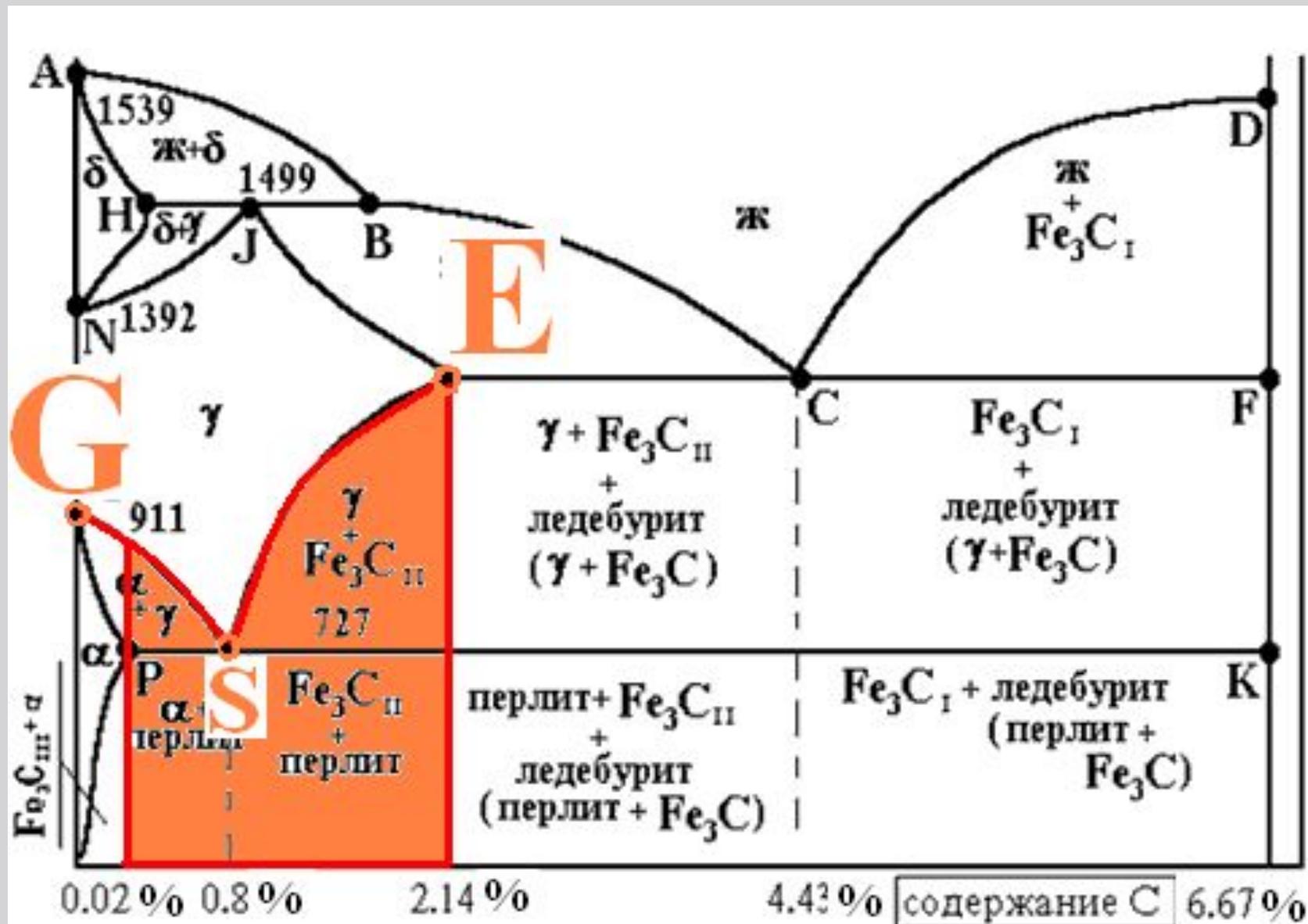
- **1.Привести пример черных металлов.**
- **2.Привести пример цветных металлов.**
- **3.Привести пример тугоплавких металлов.**
- **4.Привести пример металлов, модификаторов стали.**
- **5.Привести пример благородных металлов.**
- **6.Каким должен быть сплав, чтобы его свойства изменялись по криволинейной зависимости?**
- **7.Какую кристаллическую решетку имеет чистое железо при температуре 900°C ?**
- **8.В каких координатах строится диаграмма железо-углерод?**
- **9.Чем отличается сталь от чугуна?**
- **10.Как называется линия перехода сплава из жидкого состояния в твердое (кристаллизация сплава)?**
- **11.При какой температуре сплав железа и углерода окончательно твердеет?**
- **12.С помощью чего мы можем видеть микроструктуру сплава?**
- **13.Какие точки на диаграмме называются критическими?**
- **14.Что такое цементит?**

ТЕМА 1.4 ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

При нагреве и охлаждении в железоуглеродистых сплавах происходят фазовые превращения при определенных температурах, соответствующих критическим точкам диаграммы железо-цементит. При нагреве их принято условно обозначать A_{c1} , A_{c2} , A_{c3} при охлаждении A_{r1} , A_{r2} , A_{r3} (нагрев и охлаждение идет при разных температурах, т.е. точки A_{c1} и A_{r1} не совпадают). Нагрев любой стали выше линии **GSE** приводит к образованию однородной аустенитовой структуры.

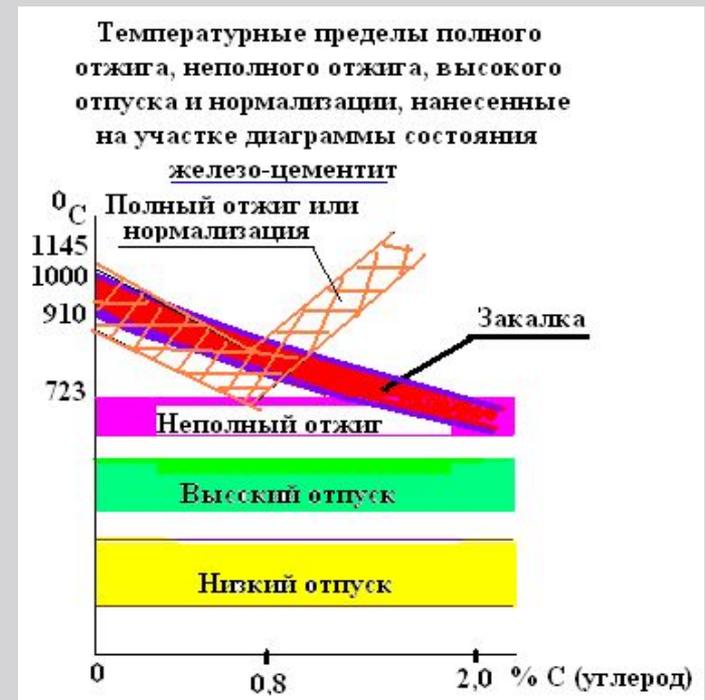
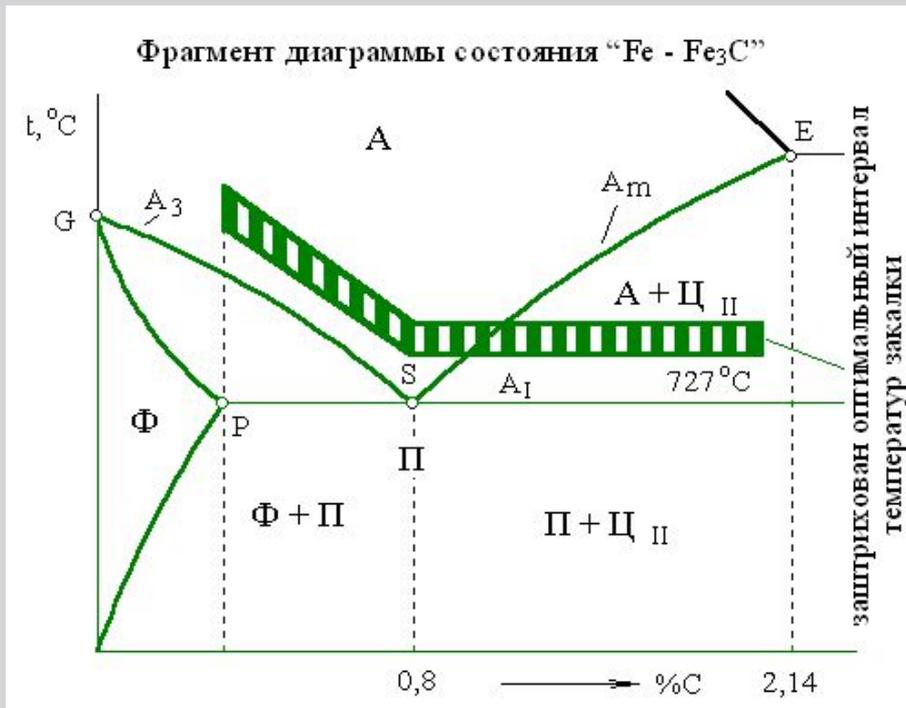
Механические свойства стали зависят от действительного размера зерна, т. е. от зерна, которое получается в результате того или иного вида термической обработки.

Оранжевым цветом выделена зона на диаграмме железо-углерод, в которой производится термообработка



Определение видов термической обработки

- ▣ **Отжиг** - термическая обработка (термообработка) металла, при которой производится нагревание металла, а затем медленное охлаждение вместе с печью.
- ▣ **Закалка** - Нагрев до температуры выше критической; выдержки при критической температуре и быстром охлаждении. Закаленная сталь (сплав) имеет неравновесную структуру, поэтому после закалки требуется произвести другой вид термообработки - отпуск. Закалка повышает твердость металла.
- ▣ **Отпуск** - термообработка стали, сплавов, проводимая после закалки для уменьшения или снятия остаточных напряжений в стали. сплавах, повышающая вязкость, уменьшающая твердость и хрупкость металла.
- ▣ **Нормализация** - термообработка, схожая с отжигом. Различия нормализации и отжига состоит в том, что при нормализации сталь охлаждается на воздухе (при отжиге - в печи).



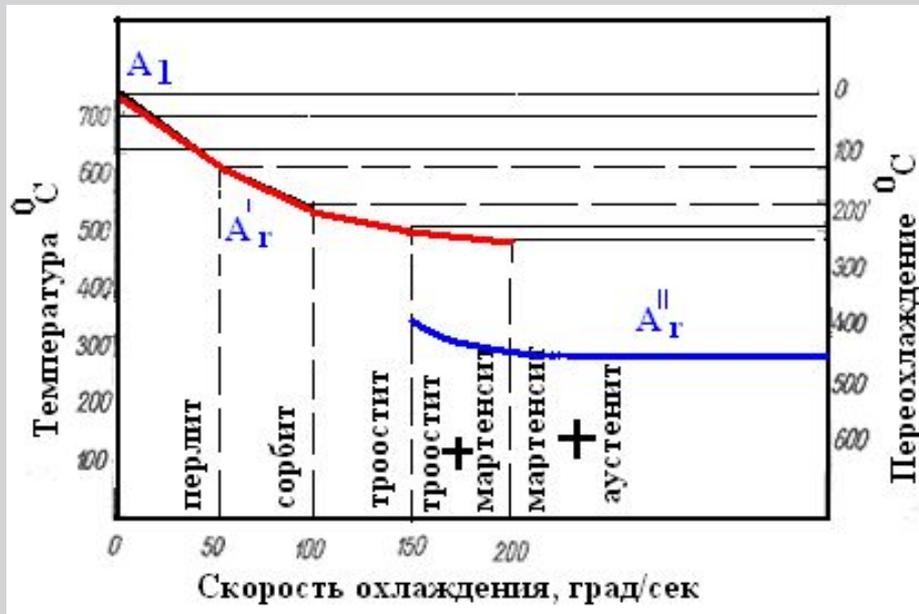
- Термическая обработка проводится после механической обработки. При невысокой твердости ($HV < 300$), термическая обработка проводится до механической обработки и дефекты, возникающие при термической обработке (окисление, обезуглероживание, деформация, трещины и др.), удаляются при механической обработке.
- Для получения изделий с заданными свойствами необходимо задать скорость охлаждения (охлаждающая среда).

Дефекты термической обработки и методы их предупреждения и устранения.



Влияние скорости охлаждения аустенита при термообработке на структуру стали.

Зависимость положения критических точек эвтектоидной стали от скорости охлаждения



Если скорость охлаждения увеличивается до 50 град/сек, то распадение аустенита не успевает закончиться, размеры пластинок цементита достигают лишь десятых долей микрона, они различимы только при очень больших увеличениях. Такая структура называется **сорбитом**.

Если скорость охлаждения увеличивается до 100 град/сек, то полностью успевает завершиться лишь второй этап распадения аустенита, а третий этап останавливается в самом начале. Поэтому размеры пластинок цементита измеряются сотысячными и миллионными долями миллиметра. Эта структура носит название **троостита**.

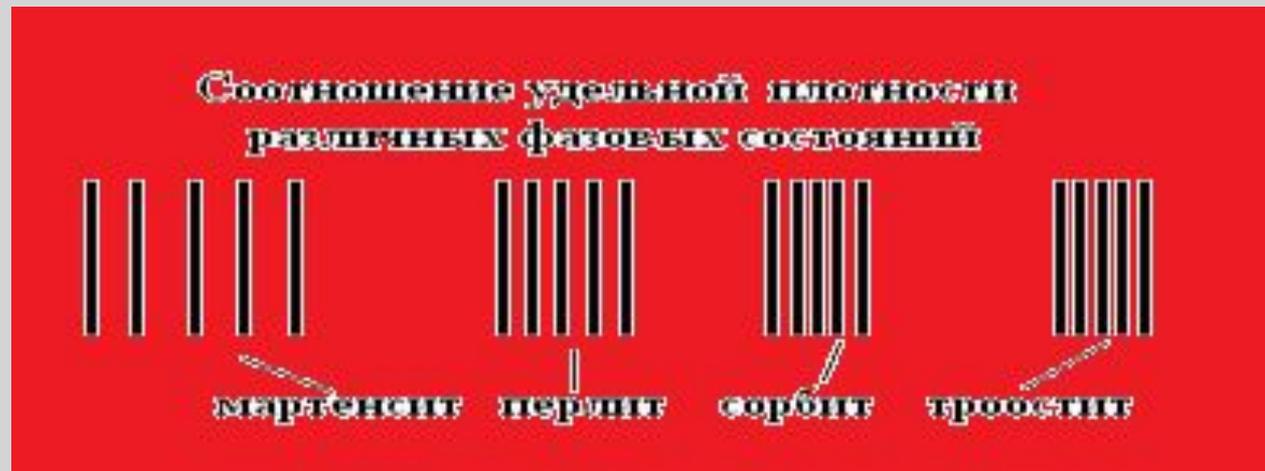
Если скорость увеличить 150-200 град/сек, то успевает завершиться лишь перегруппировка атомов железа, образуется пересыщенный метастабильный твердый раствор внедрения углерода в альфа-железе с искаженной кристаллической решеткой. Эта структура называется **мартенситом**. При нагреве мартенсит переходит в более устойчивые структуры: троостит, сорбит и перлит.

Мартенсит — продукт закалки аустенита и его превращения в феррит без выделения углерода из раствора, т.е. это сильно пересыщенное углеродом α -железо. Это обуславливает высокую его твердость (НВ 600—700) и прочность. Скорость охлаждения — закалки (**180 град/сек**). Мартенсит по своей природе неустойчив и при нагреве до температуры выше 70° стремится перейти в другие структуры. Мартенсит магнитен, поэтому магниты изготавливают из мартенсита.

Троостит смесь феррита и цементита. Твердость троостита НВ 350÷500. Скорость закалки около **80 град/сек**.

Сорбит — смесь зерен феррита и цементита, равномерная. Твердость сорбита 250÷350 НВ. Скорость закалки менее **50 град/сек**. По сравнению с трооститом сорбит имеет более высокую вязкость, а по сравнению с перлитом — большую твердость.

Перлит - образуется при малых скоростях охлаждения стали, нагретой до аустенитного состояния.



- **Мартенсит** имеет наибольший удельный объем по сравнению с другими структурами, и, особенно, с аустенитом. Увеличение удельного объема при образовании мартенсита приводит к возникновению при закалке больших внутренних напряжений, вызывающих деформацию изделий или даже появление трещин.
- Перлит, сорбит, троостит отличаются друг от друга **дисперсностью** (размером частиц) цементита; мартенсит же однофазен, это твердый раствор углерода в альфа-железе.

Диаграмма построена в координатах «Температура – логарифм времени», что дает возможность проследить за временем превращения от долей секунды до суток и более.

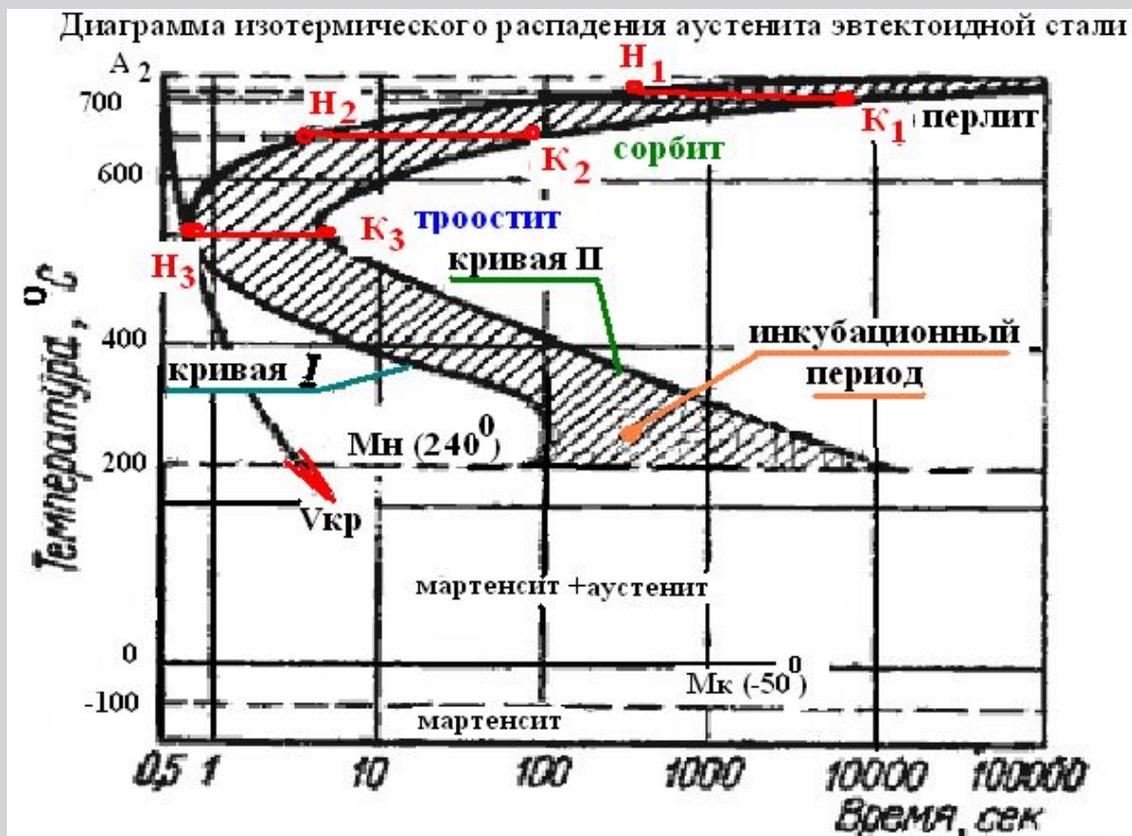
Охлаждая образец до 700° и выдерживая его при этой температуре, заметим, что в течение времени до точки H_1 в аустените никаких превращений не происходит. Со времени, соответствующего точке K_1 , начинается распад аустенита. Период времени до точки H_1 до точки K_1 называется *инкубационным периодом*.

Скорость дальнейшего охлаждения не влияет на структуру образца, поэтому за точкой K_1 линия обрывается.

Наблюдая за образцом, охлажденным из состояния аустенита до температуры 650° и нанося на диаграмму точки начала H_2 и конца K_2 распада аустенита, заметим, что инкубационный период и период распада аустенита уменьшились, а в результате распада получился **сорбит**.

Для образца, охлажденного до температуры около 500° , получим точки H_3 и K_3 распада аустенита, а структура стали будет представлять **троостит**. При увеличении количества подобных опытов определится ряд точек начала - окончания превращения аустенита. Соединяя эти точки, получим две кривые превращения аустенита; кривую *I* – начала превращения при разных температурах и кривую *II* – конца превращения при тех же температурах.

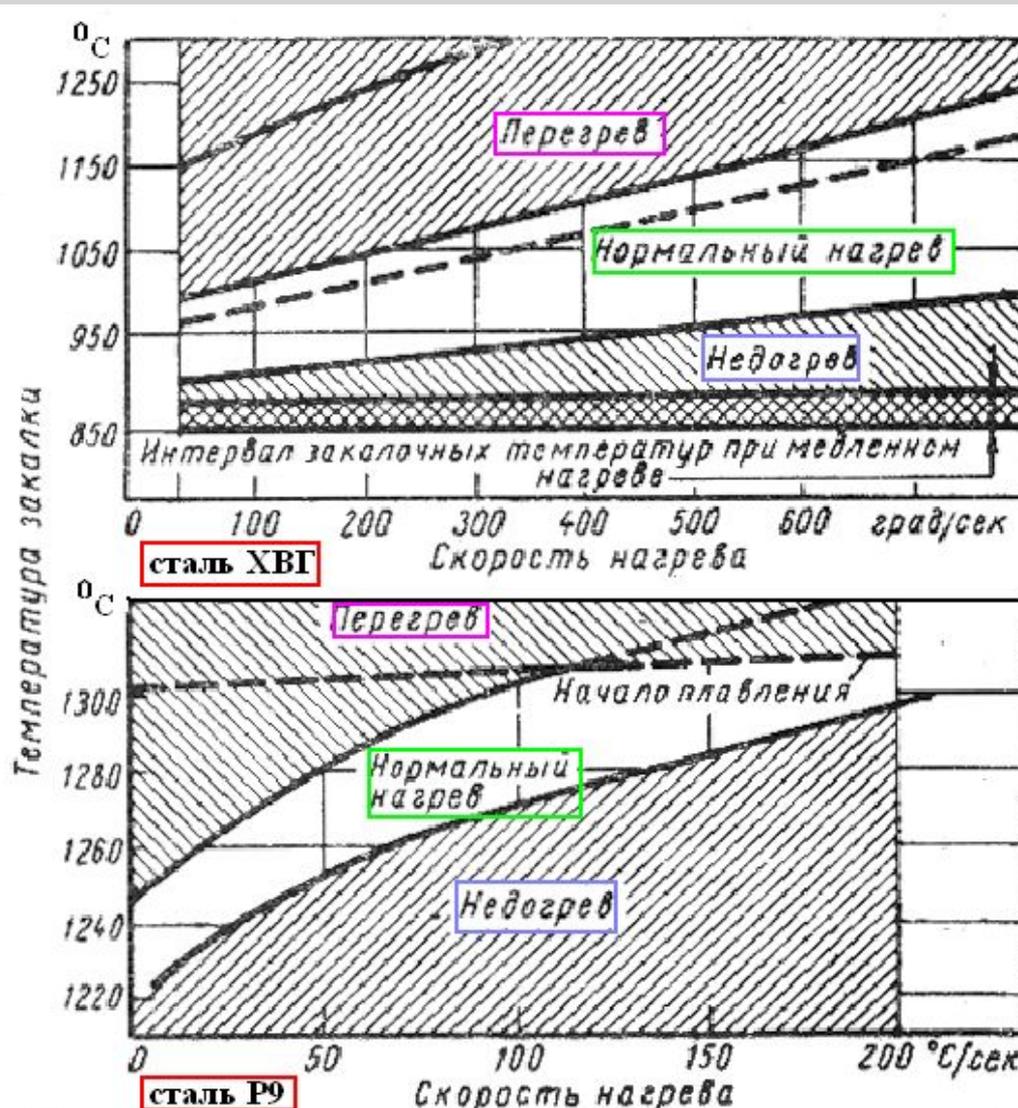
При охлаждении образцов со скоростью выше критической при температуре 240° (линия *Mn*) начинается превращение аустенита в мартенсит; превращение всего аустенита в мартенсит происходит только при дальнейшем понижении температуры. Это превращение, для эвтектоидной углеродистой стали, наступит лишь при температуре -50° .



Для доэвтектоидной, заэвтектоидной сталей кривые *I* и *II* смещены влево по сравнению с кривыми эвтектоидной стали; прямые *Mn* и *Mк* для первой расположены выше, а для второй — ниже, чем для эвтектоидной стали.

Пример номограммы для выбора режима термообработки для сталей ХВГ и Р9

Основными факторами любого вида термической обработки являются температура, время, скорость нагрева и охлаждения. Режим термообработки обычно представляется графиком в координатах температура — скорость нагрева. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.



Номограммы выбора режима закалки сталей с нагревом токами высокой частоты;

Определение и классификация основных видов химико-термической обработки металлов и сплавов. Цементация стали. Азотирование стали. Ионное (плазменное) азотирование и цементация. Диффузное насыщение сплавов металлами и неметаллами.

- ▣ **Химико-термическая обработка (ХТО)** – процесс изменения химического состава, микроструктуры и фазового состава поверхностного слоя детали, который происходит в результате взаимодействия с окружающей средой (твердой, жидкой, газообразной, плазменной) под действием нагрева.
- ▣ В основе любой разновидности химико-термической обработки лежат процессы диссоциации, адсорбции, диффузии.
- ▣ **Диссоциация (разложение на ионы)** – получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций, а также испарения.
- ▣ **Адсорбция** – захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента. Адсорбция – всегда экзотермический процесс, приводящий к уменьшению свободной энергии.
- ▣ **Диффузия** – перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия.
- ▣ Для осуществления процессов адсорбции и диффузии необходимо, чтобы насыщающий элемент взаимодействовал с основным металлом, образуя твердые растворы. Для осуществления процессов адсорбции и диффузии необходимо, чтобы насыщающий элемент взаимодействовал с основным металлом, образуя твердые растворы или химические соединения. Химико-термическая обработка является основным способом поверхностного упрочнения. Бездиффузионные перемещения атомов – перемещения в пределах элементарной ячейки крист. решётки. Диффузионные превращения характеризуются перемещением атомов на большие расстояния. Они ускоряются с повышением температуры. К таким процессам относят частичный расплав твёрдого раствора $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2 + \beta$.

- ▣ Основными разновидностями химико-термической обработки являются:
- ▣ [цементация](#) (насыщение поверхностного слоя углеродом);
- ▣ [азотирование](#) (насыщение поверхностного слоя азотом);
- ▣ [нитроцементация или цианирование](#) (насыщение слоя одновременно углеродом и азотом);
- ▣ [диффузионная металлизация](#) (насыщение поверхностного слоя различными металлами).
- ▣ **Цементация** – заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя атомами углерода при нагреве до температуры $900...950\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (до $0,25\%$). Нагрев деталей осуществляют в среде, легко отдающей углерод.
- ▣ **Глубина цементации (h)** – $1...2$ мм.
- ▣ **Степень цементации** – среднее содержание углерода в поверхностном слое не более $1,2\%$.
- ▣ Участки [деталей](#), которые не подвергаются цементации, предварительно покрываются медью (электролитическим способом) или глиняной смесью.
- ▣ **Цементация твердым карбюризатором** - почти готовые изделия, с [припуском](#) почти готовые изделия, с припуском под [шлифование](#), укладывают в металлические ящики и пересыпают твердым карбюризатором. Используется древесный уголь с добавками углекислых солей BaCO_3 , Na_2CO_3 . Закрытые ящики укладывают в печь и выдерживают при температуре $930...950\text{ }^{\circ}\text{C}$, происходит неполное сгорание угля с образованием окиси углерода (CO), которая разлагается с образованием атомарного углерода по реакции: $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}_{\text{ат}}$
- ▣ Недостатками данного способа являются:
 - значительные затраты времени (для цементации на глубину $0,1$ мм затрачивается 1 час);
 - низкая производительность процесса;
 - громоздкое оборудование;
 - сложность автоматизации процесса.
- ▣ Способ применяется в [мелкосерийном производстве](#).

Контрольные вопросы

- ▣ 1.Объяснить понятие «ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ»
- ▣ 2. Как влияет действительный размер зерна на свойства стали ?
- ▣ 3.Перечислить виды собственно термической обработки.
- ▣ 4.Чем отличается закалка от отжига?
- ▣ 5. Какие сплавы не упрочняются термообработкой?
- ▣ 6.До какой температуры нужно нагреть сталь, чтобы при закалке получить структуру сорбита?
- ▣ 7.Какую структуру должно иметь железо, чтобы обладать магнитными свойствами?
- ▣ 8. Если скорость закалки менее 50 град/сек, то какую структуру будет иметь сталь?
- ▣ 9.Что такое прокаливаемость?
- ▣ 10.Что происходит со сталью при нагреве во время инкубационного периода?
- ▣ 11.До какой температуры можно нагреть сталь ХВГ, если скорость нагрева 300 град/сек?
- ▣ 12.Какую термообработку можно назначить для стали марки Сталь20?
- ▣ 13.На какую глубину можно при цементации насытить поверхностный слой стали углеродом?

Тема 2.1 Конструкционные и инструментальные материалы

Требования, предъявляемые к конструкционным материалам

- ▶ Повышение удельных механических свойств (прочность, упругость и т.п., что должно обеспечивать снижение массы изделий и затрат на их эксплуатацию;
- ▶ повышение сопротивляемости материала воздействию рабочей среды (температуры, агрессивности среды, радиационному и пучковому излучению и т.п.);
- ▶ повышение долговечности (ресурса службы) материала и его надежности в эксплуатации.

Классификация конструкционных материалов:

- ▶ **1. Металлические материалы, к которым относятся:**
- ▶ сплавы на основе железа – чистое железо, стали, чугуны;
- ▶ стали и сплавы с особыми физическими свойствами (магнитные и немагнитные стали и сплавы, аморфные сплавы, сплавы с высоким электрическим сопротивлением, сплавы с эффектом памяти формы и т.д.);
- ▶ цветные металлы и сплавы – алюминий и сплавы на его основе (деформирующиеся и литейные; упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой), медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы), титан и сплавы на его основе, подшипниковые сплавы и др.
- ▶ композиционные материалы с металлической матрицей;

Классификация углеродистых сталей

Конструкционные углеродистые стали:

Применяются для изготовления строительных сооружений, деталей машин и приборов.

К этим сталям относят: цементуемые, улучшаемые, высокопрочные и рессорно-пружинные.

Инструментальные стали: подразделяют на стали для режущего, измерительного инструмента, штампов холодного и горячего (до 200 °С) деформирования.



Стали конструкционные углеродистые обыкновенного качества

Наиболее дешёвые, применяются при изготовлении конструкций массового назначения, используют в горячекатанном состоянии без дополнительной термической обработки, подразделяют на три группы: А, Б, В.

▶ **Стали:**

- ▶ **группы А** регламентируются механические свойства. Их химический состав не регламентируется. Эти стали применяются в конструкциях, узлы которых не подвергаются горячей и термической обработке. В связи с этим механические свойства горячекатаной стали сохраняются.
- ▶ **группы Б** поставляются с определённым химическим составом, без гарантии механических свойств. Эти стали применяются в изделиях, подвергаемых горячей обработке, технология которой зависит от их химического состава.
- ▶ **группы В** регламентируются механические и химические свойства. Эти стали применяются для изготовления сварных конструкций.
- ▶ **По степени раскисления** углеродистые стали обыкновенного качества подразделяются на спокойные (СП), полуспокойные (ПС), кипящие (КП). Степень раскисления определяется содержанием кремния (Si) в этой стали. Спокойные — 0.12-0.03 % (Si), полуспокойные — 0.05-0.17 % (Si), кипящие — менее 0.07 % (Si).
- ▶ **Маркировка** марки конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества:
 - ▶ Ст1КП2; БСт2ПС; ВСт3ГПС; Ст4-2; ... ВСт6СП3.
 - ▶ Буква перед маркой показывает группу стали. Сталь группы А — буквой не обозначается.
 - ▶ Ст — показывает, что сталь обыкновенного качества. **Первая цифра** — номер по ГОСТу (от 0 до 6).
 - ▶ Буква Г после первой цифры — повышенное содержание марганца (Mn, который служит для повышения прокаливаемости стали). СП; ПС; КП — степень раскисления стали.
 - ▶ **Вторая цифра** — номер категории стали (от 1 до 6 — основные механические свойства). Сталь 1-ой категории цифрой не обозначается. **Тире** между цифрами указывает, что заказчик не предъявлял требований к степени раскисления стали.
 - ▶ **Применение:** Ст1; Ст2 — проволока, гвозди, заклепки; Ст3; Ст4 — крепёжные детали, прокат - уголок, прутки, проволока и др. Ст5; Ст6 — слабонагруженные валы, оси.

Стали углеродистые качественные

Маркировка:

- ▶ Сталь08; Сталь10; Сталь15 ...; Сталь78; Сталь80; Сталь85.
к этому классу относятся стали с повышенным содержанием марганца (Mn — 0.7-1.0 %): Сталь 15Г; 20Г ... 65Г, имеют повышенную прокаливаемость.
- ▶ **Цифра** — указывает на содержание в стали углерода (С) в сотых долях процента.

Применение: низкоуглеродистые стали марок Сталь08, Сталь08КП, Сталь08ПС относятся к мягким сталям, в отожжённом состоянии для изготовления деталей методом холодной штамповки. Сталь10, Сталь15, Сталь20, Сталь25 используют как цементируемые, а высокоуглеродистые Сталь60, Сталь85 — для изготовления пружин, рессор.

Углеродистые инструментальные стали

- ▶ **Инструментальная углеродистая сталь** — содержит углерода — содержит углерода от 0,7 % и выше, отличается высокой твёрдостью и прочностью и применяется для изготовления инструмента. Инструментальная углеродистая сталь делится на качественную и высококачественную. Содержание серы — содержит углерода от 0,7 % и выше, отличается высокой твёрдостью и прочностью и применяется для изготовления инструмента. Инструментальная углеродистая сталь делится на качественную и высококачественную. Содержание серы и фосфора в качественной инструментальной стали — 0,03 % и 0,035 %, в высококачественной — 0,02 % и 0,03 % соответственно.
- ▶ **Марки:** У7; У8; У8Г; У9; У10; У11; У12; У13; У7А; У8А; У8ГА; У9А; У10А; У11А; У12А; У13А. Обозначения: У — углеродистая, следующая за ней цифра — среднее содержание углерода в десятых долях процента, Г — повышенное содержание марганца.
- ▶ К группе качественных сталей относятся марки стали без буквы А (в конце маркировки), к группе высококачественных сталей, более чистых по содержанию серы и фосфора, а также примесей других элементов — марки стали с буквой А.
- ▶ **Применение инструментальной углеродистой стали**
- ▶ **Из У7, У7А** изготавливают инструмент, работающий по дереву: топоры, стамески, пневматический инструмент небольших размеров: зубила, обжимок, бойков; кузнечных штампов; игольной проволоки; молотков, кувалд, отверток, плоскогубцев и др.
- ▶ **У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А** Для инструмента, работающего без разогрева режущей кромки: фрезы, зенковки, топоры, стамески, пил. Для слесарно-монтажных инструментов.
- ▶ **У10А, У12А** Для сердечников.
- ▶ **У10, У10А** Для игольной проволоки.
- ▶ **У10, У10А, У11, У11А** Для изготовления инструментов, работающих в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки; обработки дерева: пил ручных поперечных и столярных, пил машинных столярных, сверл, напильников, шаберов слесарных и др. Для изготовления плоских и витых пружин и пружинящих деталей сложной конфигурации, клапанов, щупов.
- ▶ **У12, У12А** Для метчиков ручных, напильников, шаберов слесарных; штампов для холодной штамповки.
- ▶ **У13, У13А** Для инструментов с повышенной износостойкостью при умеренных и значительных удельных давлениях (без разогрева режущей кромки); бритвенных лезвий и ножей, острых хирургических инструментов, гравировальных инструментов.

Чугун – относится к железоуглеродистым сплавам

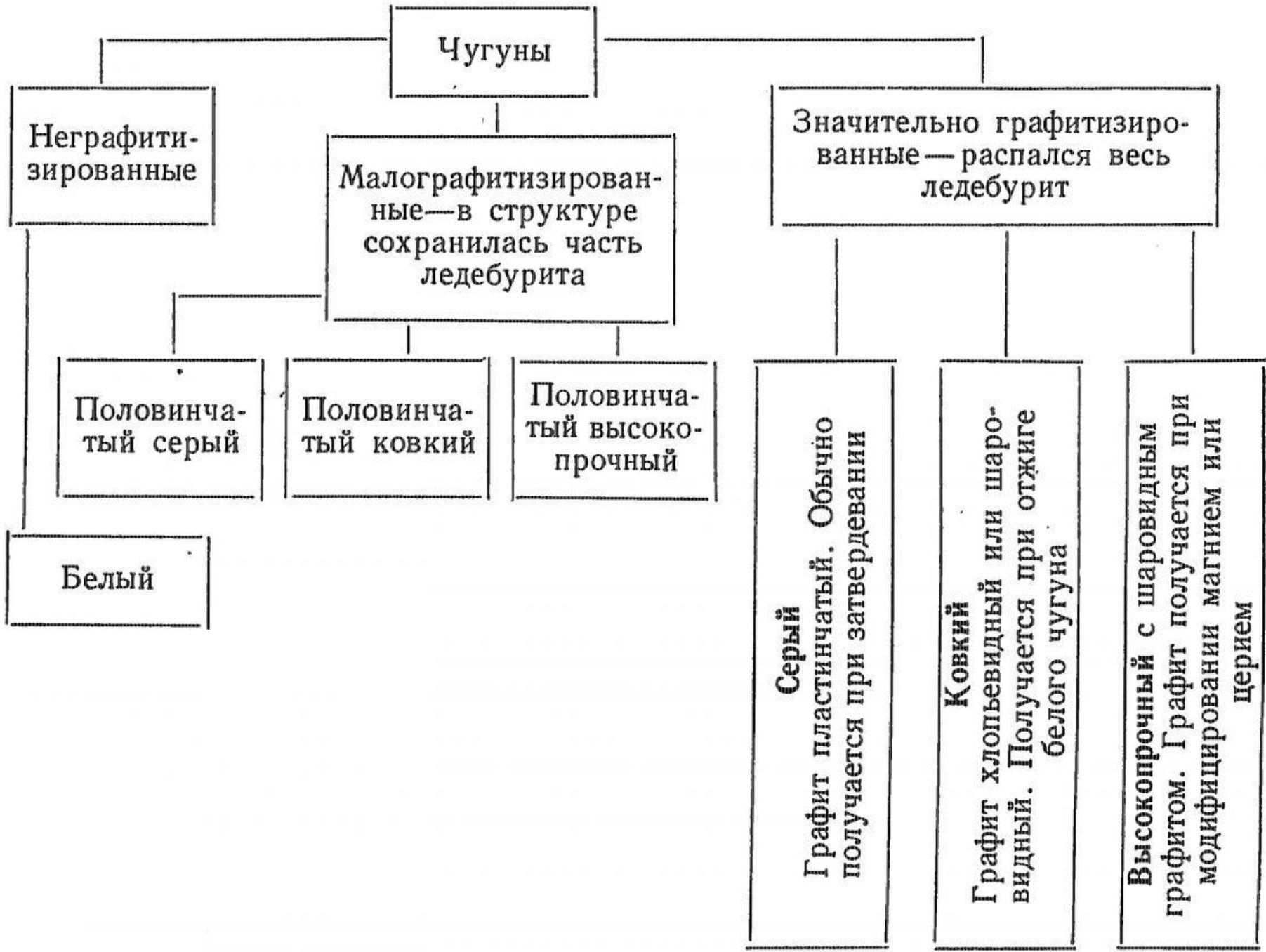
Чугун содержит углерод – 2,14 %, более дешевый материал, чем сталь. Он обладает пониженной температурой плавления и хорошими литейными свойствами.

Белый чугун называется по виду излома матово-белого цвета, углерод в этом чугуне находится в виде цементита, поэтому чугун хрупкий и для изготовления деталей машин не используется. Отливки из белого чугуна служат для получения ковкого чугуна с помощью графитизирующего отжига. Белый чугун применяется для изготовления валков прокатных станов, колес, шаров для мельниц, тормозных колодок и других деталей.

Серый чугун имеет излом серого цвета. В структуре серого чугуна имеется графит. СЧ применяется для художественного литья, труб.

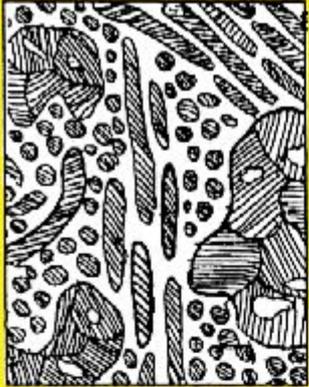
Высокопрочный чугун – графит имеет шаровидную форму, применяют для изготовления деталей станков, коленчатых валов, шестерен, муфт и задних мостов-автомобилей.

Ковкий чугун – с хлопьевидным графитом. Ковкий обладает хорошими механическими свойствами и применяется в сельскохозяйственном машиностроении, в автомобильной промышленности, вагоностроении, станкостроении.

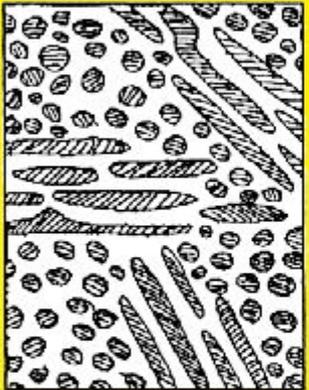


Технологические и эксплуатационные свойства чугуна

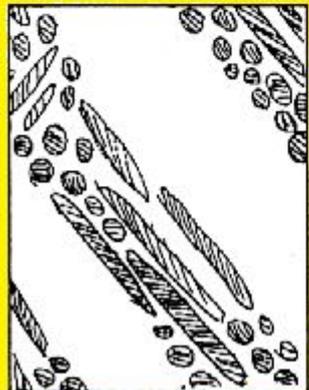
- ▶ Графит повышает износостойкость и антифрикционные свойства чугуна вследствие собственного смазочного действия и повышения прочности пленки смазочного материала. Чугуны с графитом, как мягкой и хрупкой составляющей, хорошо обрабатываются резанием (с образованием ломкой стружки) и обеспечивают более чистую поверхность.
- ▶ Присутствие эвтектики в структуре чугунов обуславливает его использование исключительно в качестве литейного сплава. Чем меньше графитных включений, чем они мельче и больше степень их изолированности, тем выше прочность чугуна. Наиболее высокую прочность обеспечивает шаровидная форма графитной составляющей, а для хлопьевидной составляющей характерны высокие пластические свойства. Чугун с пластинчатым графитом можно рассматривать как сталь, в который графит играет роль надрезов, ослабляющих металлическую основу.
- ▶ **Белые чугуны**
- ▶ Из них делают детали гидромашин, пескометов и других конструкций, работающие в условиях повышенного абразивного изнашивания. Для увеличения износостойкости белые чугуны легируют хромом, ванадием, молибденом и другими карбидообразующими элементами. Маркировка белых чугунов не установлена.
- ▶ **Серые чугуны**
- ▶ Структура серого (литейного) чугуна состоит из металлической основы с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу.
- ▶ **Модифицирование металлов** — введение в металлические расплавы модификаторов, то есть веществ, небольшие количества которых (обычно не более десятых долей %) способствуют созданию дополнительных искусственных центров кристаллизации, и следовательно, образованию структурных составляющих в измельченной или округлой форме, что улучшает механические свойства металла.
- ▶ Марки серых чугунов состоят из букв «СЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении $\sigma_{\text{тв}}$, МПа / 10. Чугун СЧ10 — ферритный; СЧ15, СЧ18, СЧ20 — ферритно-перлитные чугуны, начиная с СЧ25 — перлитные чугуны.
- ▶ 80 % общего производства чугунных отливок-это серый чугун с пластинчатым графитом, высокие литейные качества (жидкотекучесть, малая усадка и др.), хорошая обрабатываемость и сопротивление износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используется для неотчетственных деталей. Применение -станины станков, картеры, крышки, блоки цилиндров, гильзы, маховики и др. Значительное количество чугуна расходуется для изготовления тубингов, из которых сооружается туннель метрополитена. Из серого чугуна, содержащего фосфор (0,5 %), изготавливают архитектурно-художественные изделия.



а)



б)



в)



► **Микроструктура белых чугунов** (слева схематическое изображение):

а) доэвтектический;

б) эвтектический;

в) заэвтектический

▶ Ковкие чугуны

- ▶ Ковкие чугуны с хлопьевидной формой графита получают из белых чугунов, подвергая их специальному графитизирующему отжигу.
- ▶ Ковкие чугуны маркируются двумя буквами (КЧ — ковкий чугун) и двумя группами цифр. Первые две цифры в обозначении марки соответствуют минимальному пределу прочности при растяжении, МПа / 10, цифры после тире — относительному удлинению при растяжении. Чугуны марок КЧ30—6, КЧ33—8, КЧ35—10, КЧ37—12, имеющие повышенное значение удлинения при растяжении, относятся к ферритным, а марок КЧ45—7, КЧ50—5, КЧ55—4, КЧ60—3, КЧ65—3, КЧ70—2, КЧ80—1.5 — к перлитным чугунам.
- ▶ Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных (до 50 мм) деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках, — фланцы, муфты, картеры, ступицы и др. Масса этих деталей — от нескольких граммов до нескольких тонн.

▶ Высокопрочные чугуны

- ▶ Высокопрочный чугун (ЧШГ — чугун с шаровидным графитом) получают модифицированием жидкими присадками (0,1...0,5 °о магния от массы обрабатываемой порции чугуна, 0,2...0,3 °о церия, иттрия и некоторых других элементов).
- ▶ Марки высокопрочных чугунов состоят из букв «ВЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении, МПа / 10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 — ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100—перлитные чугуны.
- ▶ Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свойствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кованных деталей — цилиндры, шестерни, коленчатые и распределительные валы и др.

- ▶ **Чугуны специального назначения**
- ▶ К этой группе чугунов относятся жаростойкие, жаропрочные и коррозионностойкие чугуны. Сюда же можно отнести немагнитные, износостойкие и антифрикционные чугуны.
- ▶ Жаростойкими являются серые и высокопрочные чугуны, легированные кремнием (ЧС5) и хромом (4Х28, 4Х32). Эти чугуны обладают жаростойкостью до 700...800°С.
- ▶ Высокой термо- и жаростойкостью обладают высоколегированный никелевый серый ЧН15Д7 и с шаровидным графитом ЧН15Д3Ш.
- ▶ К жаропрочным чугунам относятся чугуны с шаровидным графитом ЧН19Х3Ш и ЧН11Г7Ш.
- ▶ В качестве коррозионностойких применяют чугуны, легированные кремнием — ЧС13, ЧС15, ЧС17 и хромом — 4Х22, 4Х28, 4Х32. Они обладают высокой коррозионной стойкостью в серной, азотной и ряде органических кислот. Для повышения коррозионной стойкости кремнистых чугунов их легируют молибденом (4С15М4, 4С17М3 — антихлоры). Высокой коррозионной стойкостью в щелочах обладают никелевые чугуны, например чугун ЧН15Д7.
- ▶ Антифрикционными (сопротивляемость трению) чугунами являются серые и высокопрочные чугуны специальных марок. Некоторое применение нашли также ковкие антифрикционные ферритно-перлитные чугуны -А4К-1 и А4К-2.
- ▶ Антифрикционные серые чугуны — чугуны АЧС-1 и АЧС-2 и АЧС-3. Эти чугуны обладают низким коэффициентом трения.
- ▶ Антифрикционные серые чугуны применяют для изготовления подшипников скольжения, втулок и других деталей, работающих при трении о металл, чаще в присутствии смазочного материала.

Формы графита

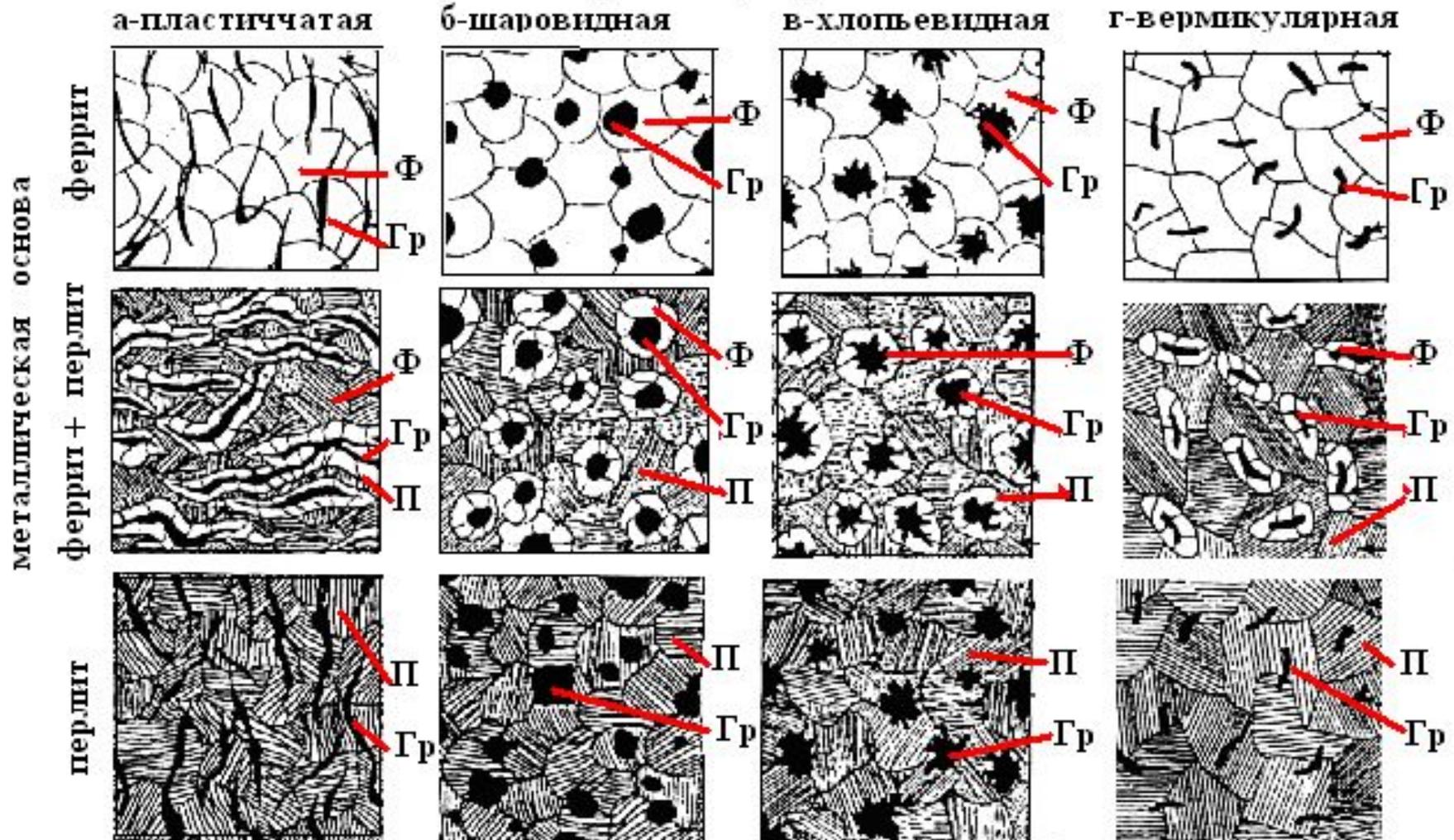


схема микроструктур графитизированных чугунов. а-серые; б-высокопрочные; в-ковкие г-с вермикулярным графитом

ТРУБЫ ЧУГУННЫЕ



ЧУГУННЫЕ ЗАДВИЖКИ



ЧУГУННЫЕ ВОРОТА



Легированные стали

Элементы, специально вводимые в сплав с целью изменения его строения и свойств, называют *легирующими*, а данный сплав *легированным*.

Легирующие элементы оказывают влияние на полиморфные превращения железа. При введении в сталь никеля и марганца область существования γ -фазы расширяется от комнатной температуры до температуры плавления. Такие сплавы называют *аустенитными*. Другие элементы, например, хром, ванадий, молибден, кремний и др., делают феррит устойчивым до температуры плавления. Такие сплавы называют *ферритными*. Легирующие элементы вносят в состав конструкционных сталей для придания им требуемых свойств, например прокаливаемость.

Буквенные обозначения химических элементов, содержащихся в марках легированной стали

Химический элемент	Обозначение по табл. Менделеева	Обозначение в марке стали	Химический элемент	Обозначение по табл. Менделеева	Обозначение в марке стали
хром	Cr	X	селен	Se	Е
никель	Ni	Н	цирконий	Zr	Ц
марганец	Mn	Г	алюминий	Al	Ю
кремний	Si	С	медь	Cu	Д
вольфрам	W	В	фосфор	P	П
молибден	Mo	М	бор	B	Р
ванадий	V	Ф	ниобий	Nb	Б
кобальт	Co	К	азот	N	А
титан	Ti	Т			

Буквенные обозначения в марках легированной стали

Свойство стали	Обозначение в марке стали	Свойство стали	Обозначение в марке стали
шарикоподшипниковая	Ш	сварочная	СВ
быстрорежущая	Р	электротехническая	Э
магнитотвердая	Е	наплавочная	Нп
улучшенная (в конце обозначения)	А		

Примечание: первые цифры показывают среднее содержание углерода: в конструкционной стали в сотых долях процента, в инструментальной стали в десятых долях процента; цифры после букв в легированных сталях указывает содержание соответствующего элемента в процентах, при чем, если содержание элемента менее одного процента, то цифра не ставится

Пример: 18X2H4BA

Маркировка легированных сталей

- ▶ Содержание углерода (С) в легированных конструкционных сталях — в пределах 0,25- 0,50 %.
- ▶ **Маркировка**
- ▶ Например: 14ХН4А, 38Х2Н5М, 20ХН3А **две цифры** вначале маркировки указывают на конструкционные стали (**одна цифра** — на инструментальные). Эти цифры - содержание углерода в стали в сотых долях процента.
- ▶ **Буква без цифры** — определённый легирующий элемент с содержанием в стали менее 1 %.(А-азот, Р-бор, Ф-ванадий, Г-марганец, Д-медь, К-кобальт, М-молибден, Н-никель, С-кремний, Х-хром, П-фосфор, Ч-редкоземельные металлы, В-вольфрам, Т-титан, Ю-алюминий, Б-ниобий)
- ▶ **Буква и цифра после неё** — определённый легирующий элемент с содержанием в процентах (цифра).
- ▶ Буква **А** в конце маркировки — указывает на высококачественную сталь.
Например 38Х2Н5МА — это среднелегированная высококачественная хромоникелевая конструкционная сталь. Химический состав: углерод — около 0.38 %;
- ▶ хром — около 2 %; никель — около 5 %; молибден — около 1 %.

Влияние легирующих элементов на технологические свойства стали

ЭЛЕМЕНТ	Обозн. в марке	Прокаливаемость	Твердость и прочность	Пластические свойства	Обезуглероживаемость	Жаропрочность	Окалиностойкость
Алюминий	Ю	Понижает	Повышает	Несколько повышает	Повышает	Не влияет	Значительно повышает
Бор	Р	Увеличивает	Повышает	Понижает		Повышает	Понижает
Ванадий	Ф	Понижает	Повышает	Повышает		Повышает	Понижает
Вольфрам	В	Увеличивает	Повышает	Повышает	Повышает	Повышает	Понижает
Кобальт	К	Понижает	Слабо повышает		Повышает	Повышает	Повышает в сочетании с никелем и хромом
Кремний	С	Увеличивает	Повышает	Понижает	Повышает		Повышает
Марганец	Г	Увеличивает	Повышает			Повышает	Понижает
Молибден	М	Увеличивает	Повышает	Повышает	Повышает	Повышает	Понижает
Никель	Н	Увеличивает	Повышает	Повышает		Повышает	Повышает с хромом
Ниобий	Б		Понижает	Повышает		Повышает	
Титан	Т	Понижает	Повышает	Повышает		Повышает	Понижает
Хром	Х	Увеличивает	Повышает				Повышает

Инструментальные легированные стали

- ▶ Они имеют преимущества перед инструментальными углеродистыми сталями. Штампы из углеродистой стали обладают высокой твердостью и прочностью, но плохо сопротивляются удару, инструменты из углеродистой стали при закалке получаются хрупкими.
- ▶ Режущий инструмент - резцы, фрезы, сверла из углеродистой стали при незначительном нагреве (около 200°С) теряют свою твердость, поэтому применение их при обработке металла с большой скоростью резания невозможно.
- ▶ При введении легирующих добавок сталь приобретает красностойкость, износоустойчивость, получает глубокую прокаливаемость, высокую прочность, твердость и хорошее противостояние ударным нагрузкам.
- ▶ Легирующие: вольфрам (не менее 9%), хром (не менее 4%), ванадий (1-2%), молибден, марганец, кремний, кобальт и в небольшом количестве – никель..
Содержание углерода: от 0,3 до 2%.
- ▶ В настоящее время широко применяются стали марок **P18, P9, P9Ф5, P18Ф2, P9K5, P9K10, P10K5Ф5, P18M, P9M, P6M5** и др. Буква P обозначает быстрорежущую сталь. Цифра, стоящая за буквой P, показывает среднее содержание вольфрама в процентах.

Применение инструментальных легированных сталей

- ▶ Марка **X12MФ**- детали, работающие под большим давлением (до 1400-1600 Мпа), например, накатные плашки, секции кузнечных штампов сложной формы, сложные дыропрошивные матрицы и пуансоны вырубных и просечных штампов.
- ▶ Марки **9ХС, ХВГ** сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, клейма для холодных работ.
- ▶ Марка **4Х5МФС** мелкие штампы, крупные (сечением более 200 мм) молотовые и прессовые вставки при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов, пресс-формы литья под давлением алюминиевых, цинковых и магниевых сплавов.
- ▶ Марка **3Х3М3Ф** пресс-формы для литья под давлением медных сплавов, ножи для горячей резки, охлаждаемые водой.
- ▶ Марки **Р6М5, Р6М5К5, Р6М5Ф3, Р6М5К8, Р18, Р7М2Ф6, Р12МФ5, Р9М4К8, Р12М3К5Ф2, Р12М3К8Ф2, Р10М4К14, Р12М3К10Ф2, Р12М3К10Ф2** дисковые фрезы, сверла, развертки, зенкеры, метчики, протяжки, фрезы червячные, концевые, дисковые, долбяки.

Стали конструкционные теплоустойчивые, подшипниковые

Теплоустойчивые конструкционные стали используются в энергетике для изготовления котлов, сосудов, нагревателей, паропроводов, работающих при температурах 600—650 °С, сроком службы до 100000-200000 часов.

При давлениях 6 МПа и температурах до 400 °С, используются углеродистые, котельные стали (12К, 15К, 18К, 20К).

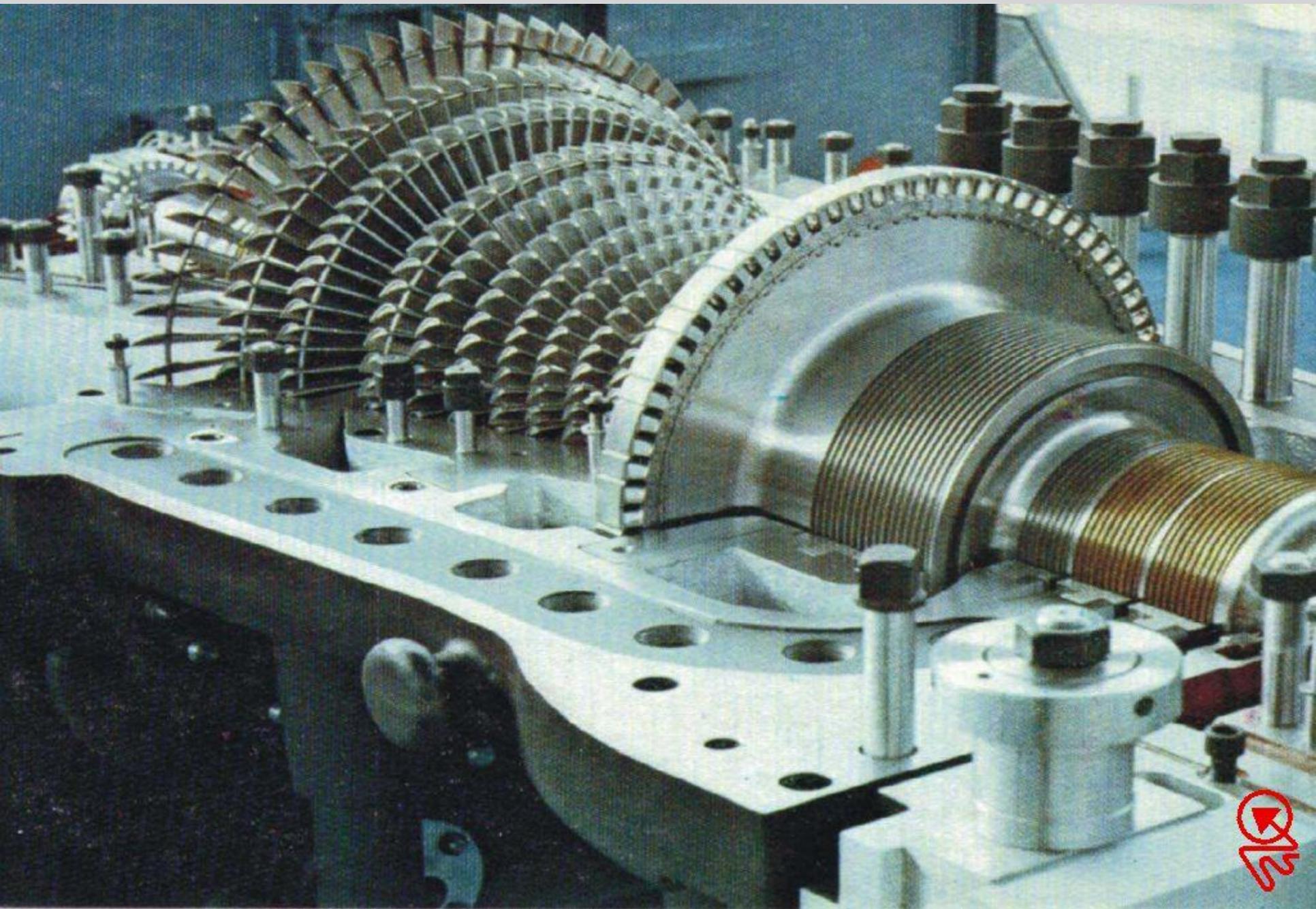
Для деталей энергоблоков, работающих при давлении до 25.5 МПа и температурой до 585 °С, применяются стали, легированные хромом, молибденом, ванадием. углерода 0.08-0.27 %. Термообработка этих сталей заключается в закалке или нормализации с высоким отпуском.

Подшипниковые стали легируются хромом, термообработанных на высокую твердость.

Маркировка: ШХ9, ШХ15, содержание углерода — около 1 %; содержание хрома в десятых долях процента (например: ШХ15 — хром — около 1.5 %)

Материалы турбинных деталей

- В 1969 году расчетную температуру снизили до 545 °С, что позволило применять для корпусных деталей более дешевую легированную сталь марок 15Х1М1Ф, 25Х1М1Ф.
- Детали регулирующих и стопорных клапанов (штуки, седла, штоки, клапаны) изготавливаются из жаропрочных сталей. Поверхности наиболее ответственных деталей клапанов подвергаются поверхностному упрочнению (азотированию).
- Для углеродистых сталей в процессе проведения азотации поверхность становится коррозионностойкой. Нержавеющие стали азотированию не поддаются. Исключение составляет сталь марок 15Х11МФ, 15Х12ВНМФ, 20Х12 ВНМФ.
- **Материалы, применяемые при изготовлении лопаток** -нержавеющие стали мартенситного класса марок 12Х13, 20Х13, 15Х11МФ. Для лопаточного аппарата регулирующих ступеней ЦВД и первых ступеней, расположенных после промперегрева пара, применяют стали марок 20Х12ВНМФШ или 18Х11МНФБШ, как наиболее жаростойкие.
- Для цельнокованых и комбинированных роторов ЦВД и ЦСД употребляются стали марок ЭИ 415 (20Х3МВФ), Р2 (25Х1М1Ф), Р2МА (25Х1М1ФА), ЭИ 572, обладающие высоким сопротивлением ползучести и термической усталости. Для роторов НД применяются стали марок 34ХН3М, 34ХМ, обладающие высокой статической прочностью, вязкостью разрушения и высоким сопротивлением коррозионному разрушению. Валы роторов с насадными дисками, сами диски и другие насадные детали изготавливаются из стали марок 34Х3М, 35Х12Ф, 35ХМЮА; 34ХН1МА; 34ХН3МА; 35ХН3МФАР.
- Для **внутренних корпусов ЦВД и ЦСД** в основном используются легированные жаропрочные стали типа 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ, а также нержавеющая сталь типа 15Х11МФБ.
- Для внешних корпусов ЦВД и корпусов ЦСД турбин с промперегревом обычно используются менее жаропрочные и более дешевые стали 15ХМЛ, 20ХМЛ, 20ХМФЛ. Иногда для внешних корпусов используется сталь 15Х1М1ФЛ.
- Литые корпуса ЦСД турбин без промперегрева, работающие при более низких температурах, выполняются из стали 25Л.
- Корпуса ЦНД турбин и выхлопные части ЦСД изготавливаются сварными из листов углеродистой стали типа Ст. 20.
- Для крепежа (шпилек и болтов), работающего при температуре 565...570 °С, применяются стали типа ЭП-182 (20Х1М1ФТР) и ЭП-44; при температуре 520...530 °С применяются стали ЭИ-723 (25Х2М1Ф); при температуре 500...510 °С стали типа ЭИ-10 (25Х1М1Ф). Для крепежа, работающего в зоне температур менее 400 °С, используется хромомолибденовая сталь 35ХМ, а менее 300 °С — углеродистая сталь 35.



▶ Магнитные материалы

вещества, обладающие магнитными свойствами и изменяющие магнитное поле, в которое они помещены. Ими могут быть металлы и сплавы (гл. обр. ферромагнетики, такие, как Fe, Co, Ni, Cu, редкоземельные элементы), диэлектрики и полупроводники (ферри – и антиферромагнетики, напр. ферриты-шпинели MFe_2O_4 , где M – Fe, Ni, Co, Mn, Mg, Zn, Cu, интерметаллиды и др.). Различают магнитомягкие, магнитотвёрдые, термомагнитные, магнитооптические и магнитострикционные материалы.

Тема 2.2 Материалы с особыми технологическими свойствами

сплавы с высокими литейными свойствами

- ▣ **Первая группа** — углеродистая и легированная сталь.
- ▣ **Вторая группа** — чугуны: с пластинчатым и шаровидным графитом, легированный, ковкий, отбеленный и белый.
- ▣ **Третья группа** — медные сплавы: бронза и латунь.
- ▣ **Четвертая группа** — алюминиевые сплавы.
- ▣ **Пятая группа** — магниевые сплавы.
- ▣ **Шестая группа** — сплавы на основе олова, свинца и цинка. Эти сплавы используются как антифрикционные для изготовления фасонных деталей и подшипников.

Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью

- ▣ **Технологическая пластичность** зависит от химического состава стали, ее микроструктуры, способность стали к вытяжке при холодной штамповке определяется концентрацией углерода. Чем она меньше, тем легче идет процесс вытяжки. Содержание углерода в стали ограничивают 0,1%; при 0,2-0,3% С возможны только гибка и незначительная вытяжка, а при 0,35-0,45% С- изгиб большого радиуса.
- ▣ Лучше всего деформируется сталь с мелким зерном.
- ▣ Контролируемыми параметрами механических свойств стали являются относительное удлинение.
- ▣ Широко применяют кипящие стали 05кп, 08кп и 10кп, они хорошо штампуются.
- ▣ **Свариваемость** - для образования качественного соединения важно предупредить возникновение в сварном шве различных дефектов: пор, непроваров, трещин. Характеристикой свариваемости данного металла служат количество допускаемых способов сварки и простота ее технологии.
- ▣ Свариваемость стали тем выше, чем меньше в ней углерода и легирующих элементов. Влияние углерода является определяющим. Углерод расширяет интервал кристаллизации и увеличивает склонность к образованию горячих трещин, которая тем больше, чем дольше металл шва находится в жидком состоянии. Причина холодных трещин - внутренние напряжения, возникающие при структурных превращениях, особенно мартенситном, в результате местной закалки (подкалки). Высокой свариваемостью обладают стали, содержащие до 0,25% С -это углеродистые стали (БСтО, БСт1-БСт4, ВСт1-ВСт4; 0,5, 08, 10, 15, 20, 25), а также низколегированные, применяемые для изготовления различных металлоконструкций: стали для трубопроводов, мостостроения, судостроения 09Г2(Д), 09Г2С, 14Г2, 15ГФ(Д), 16ГС, 17ГС и др.; Сварка сталей при толщинах до 15 мм не вызывает затруднений. Сварка таких же сталей больших толщин и в термически упрочненном состоянии требует подогрева и термической обработки. При сварке углеродистых и низколегированных сталей, содержащих более 0,3% С, возникают затруднения из-за возможности закалки и охрупчивания околошовной зоны. Сварка высокохромистых и хромоникелевых сталей в связи с неизбежными фазовыми превращениями в металле требует специальных технологических приемов - снижения скорости охлаждения, применения защитных атмосфер и последующей термической обработки.

Сплавы на основе меди (латунь, бронза), их применение в энергетике, состав, маркировка

- **Медь** – это пластичный металл светло-розового цвета, плавится при 1083 °С, имеет плотность 8,96 г/см³ обладает гранцентрированной кубической решеткой. малое электросопротивление, высокая теплопроводность, хорошая коррозионная стойкость во многих естественных средах (атмосфера, земля, морская и пресная вода).

СПЛАВЫ МЕДИ					
ЛАТУНИ			БРОНЗА		
Наименование	Марка	Область применения	Наименование	Марка	Область применения
Латуни, обрабатываемые давлением			Бронзы, обрабатываемые давлением		
Томпак	Л96	ленты, полосы, трубы	Оловянно-цинковая	БрОЦ 4-3	ленты, полосы, прутки, проволока для пружин
Латунь	Л63		Алюминиевая	БрА 7	ленты, полосы
Латуни литейные			Кремниемаргацавая	БрКМц 3-1	проволока, прутки, лента
Латунь алюминиевожелезная	ЛАЖ1-1	арматура, втулки, подшипники	Бронзы литейные		
Латунь марганцево-оловянно-свинцовая	ЛМцОС 58-2-2	шестерни	Оловянно-цинково-свинцовая	БрОЦС 5-7-5	вкладыши подшипников
Латунь алюминиевая	ЛА 67-2,5	коррозионно-стойкие детали, работающие в морской воде	Оловянно-цинково-свинцово-никелевая	БрОЦСНЗ-7- 5-7-1	коррозионно-стойкие детали работающие в морской воде
			Алюминиево-железо-свинцовая	БрАЖС7-1,5-1,5	отливки с высокими требованиями по шероховатости

Применение меди

□ В электротехнике

- Из-за низкого удельного сопротивления (уступает лишь серебру (уступает лишь серебру), медь широко применяется в электротехнике для изготовления силовых кабелей, проводов, которые используются в обмотках электродвигателей и силовых трансформаторов.

□ Теплообмен

- Другое полезное качество меди — высокая теплопроводность. Это позволяет применять её в теплообменниках.

□ Для производства труб

- В связи с высокой механической прочностью, но одновременно пригодностью для механической обработки, медные бесшовные трубы круглого сечения получили широкое применение для транспортировки жидкостей и газов: во внутренних системах водоснабжения, отопления, газоснабжения, системах кондиционирования и холодильных агрегатах. В ряде стран трубы из меди являются основным материалом, применяемым для этих целей: во Франции, Великобритании и Австралии для газоснабжения зданий, в Великобритании, США, Швеции и Гонконге для водоснабжения, в Великобритании и Швеции для отопления.
- Трубопроводы из меди и сплавов меди широко используются в судостроении и энергетике для транспортировки жидкостей и пара



Малахит.

Малахит

Самородок меди



□ Медный провод





Применение латуни



- ▣ Прокат - трубы, шестигранник





МАРКИРОВКА МЕДИ И СПЛАВОВ

- **Чистая медь** имеет 11 марок (М00б, М0б, М1б, М1у, М1, М1р, М1ф, М2р, М3р, М2 и М3). Суммарное количество примесей в лучшей марке М00б — 0,01%. а в марке М3 — 0.5%.
- **Латуни** - сплав меди с цинком. При введении других элементов латуни называются, например, железофосфорномарганцевая латунь и т. п.
- Латуни обладают прочностью, коррозионной стойкостью и обрабатываемостью (резанием, литьем, давлением). Латуни содержат до 40—45% цинка, если цинка больше, увеличивается ее хрупкость. Содержание легирующих элементов не превышает 7—9%.
- Сплав обозначают буквой Л — латунь. Затем следуют первые буквы основных элементов образующих сплавов: Ц — цинк, О — олово, Мц — марганец, Ж — железо, Ф — фосфор, Б — бериллий и т. д. Цифры, следующие за буквами-это количество легирующего элемента в процентах. Например, ЛАЖМц66-6-3-2 алюминевожелезомарганцовистая латунь, содержащая 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, и 2% марганца, остальное цинк.
- **Бронзы**- сплав меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием называют бронзами. В зависимости от введенного элемента бронзы называют оловянными, алюминиевыми и т. д.
- Бронзы стойки к коррозии, хорошие литейные и высокие антифрикционные свойства и обрабатываемость резанием. Для повышения механических характеристик и придания особых свойств, бронзы легируют железом, никелем, титаном, цинком, фосфором. Введение марганца повышает коррозионную стойкость, никеля — пластичность, железа — прочность, цинка — улучшение литейных свойств, свинца — улучшение обрабатываемости.
- Бронзы маркируют буквами Бр, правее ставят элементы, входящие в бронзу: О — олово, Ц — цинк, С — свинец, А — алюминий, Ж — железо, Мц — марганец и др. Цифры, обозначают содержание элементов в процентах (цифру, обозначающую содержание меди в бронзе, не ставят). Например, марка БрОЦС5-5-5 означает, что бронза содержит олова, свинца и цинка по 5%, остальное — медь (85%).

Цинк – синевато-белый металл. Температура плавления цинка 419,5 °С, удельный вес 7,13 г/см³.

Цинк имеет гексагональную решетку от комнатной температуры до температуры плавления. Аллотропических превращений цинк не испытывает.

Чистый цинк при комнатной температуре очень хрупок, при температуре 100-150 °С пластичен, хорошо поддается прокатке и прессованию. Чистый цинк устойчив против коррозии. Во влажной атмосфере или в воде покрывается плотной пленкой углекислой соли, предохраняющей от дальнейшего окисления.

Цинк (до 50% производимого в промышленности) используется для защиты железа и стали от коррозии. Цинк и его сплавы широко применяются в полиграфической промышленности для изготовления шрифтов и клише.

Цинковые сплавы применяются в качестве припоев для пайки алюминия и магния

Олово — пластичный, ковкий и легкоплавкий серебристо-белый металл. Олово образует две аллотропические модификации: ниже $13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ устойчивое α -олово (серое олово с решеткой типа алмаза, выше $13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ устойчиво β -олово (белое олово) с тетрагональной кристаллической решеткой.

Плотность: в твердом состоянии при 20°C — $7,3\text{ г/см}^3$;

Температура: плавления — $231,9^{\circ}\text{C}$;

Твердость по Бринеллю — 50 МПа ;

Температура литья — $260\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Одна треть олова идет на изготовление припоев.

Припой - это сплавы олова в основном со свинцом в разных пропорциях в зависимости от назначения, входит в составы, используемые в электронике и электротехнике.



Кристаллы касситерита — оловянная руда

Свинец мягкий металл, режется ножом, царапается ногтем. На поверхности он покрыт толстой плёнкой оксидов, при разрезании открывается блестящая поверхность, которая на воздухе со временем тускнеет. Температура плавления — 327,46 °С; плотность — 11,3 г/см³. С повышением температуры плотность свинца падает. Свинец хорошо поглощает γ -излучение, он используется для радиационной защиты в рентгеновских установках и в ядерных реакторах. Сплавы свинца припой, содержащий 67 % Pb и 33 % Sn, применяют в электротехнике. Сплавы свинца с сурьмой используют в производстве пуль и типографского шрифта, а сплавы свинца, сурьмы и олова — для фигурного литья и подшипников. Сплавы свинца с сурьмой обычно применяют для оболочек кабелей и пластин электрических аккумуляторов. Соединения свинца используются в производстве красителей, красок, инсектицидов, стеклянных изделий и как добавки к бензину для повышения октанового числа.

Антифрикционные (подшипниковые) сплавы-сплавы, из которых изготовляют подшипники и трущиеся детали, применяя для этого баббиты, бронзы, антифрикционные чугуны, цинковые сплавы и другие материалы, предохраняющие трущиеся детали, например валы, от износа и создающие необходимые условия для смазки.

1. Оловянистые бронзы Бр.ОЦС4-4-2,5 и Бр.ОФ6,5-0,15, обладающие низким коэффициентом трения.

2. Цинковые сплавы ЦАМ10-5 и ЦАМЭ-1,5.

3. Баббиты. Буква Б указывает, а название сплава, а цифра - на среднее содержание в нем олова.

Баббит, основу которого составляет **олово** (Б88, Б83, Б83С, SAE11, SAE12, ASTM2), используют, когда от антифрикционного материала требуется повышенная минимальный коэффициент трения. Оловянный баббит по сравнению со свинцовым обладает более высокой коррозионной стойкостью.

Баббиты на основе **свинца** (Б16, БН, БСб, БКА, БК2, БК2Ш, SAE13, SAE14, ASTM7, SAE15, ASTM15) обладают более высокой рабочей температурой, чем на основе олова. Применяется для подшипников дизелей и прокатных станов

4. Для деталей, работающих с повышенным удельным давлением, например рессорных втулок автомобилей, часто применяют антифрикционный ковкий чугун.

Контрольные вопросы

- ▣ 1. Из каких металлов можно изготовить литые детали?
- ▣ 2. Какие свойства должны быть у металлов, чтобы из него литью деталь?
- ▣ 3. Объяснить своими словами, что такое жидкотекучесть?
- ▣ 4. Какой металл больше подходит для литья: сталь или чугун? Обоснуйте.
- ▣ 5. Для какого вида обработки требуется пластичность?
- ▣ 6. Что влияет на свариваемость стали?
- ▣ 7. Где применяется медь?
- ▣ 8. Как маркируется медь?
- ▣ 9. Где применяется латунь?
- ▣ 10. Как маркируется латунь?

Тема 2.3 Материалы с малой плотностью

Маркировка алюминиевых сплавов

Деформируемые сплавы обозначаются буквами Д, АД, АК, АМ, АВ; литейные - АЛ.

Буквой Д обозначают сплавы дуралюминия - Д1, Д16 и т. д.

Буквы АВ означают сплав авиаль.

Буквы АМг и АМц обозначают сплав алюминия с магнием (Мг) и марганцем (Мц), причем цифры, следующие за буквами АМг1; АМг6 - содержание магния в %.

Буквы АД отвечают деформированному алюминию, цифра указывает чистоту алюминия.

Ковочные сплавы обозначены буквами АК (алюминий ковочный) - сплавы АК4-1, АК6, АК8 и т. д. Такая маркировка алюминиевых сплавов не отличается системой, в настоящее время вводится единая четырехцифровая маркировка алюминиевых сплавов. Первая цифра обозначает основу всех сплавов. Алюминию присвоена цифра один. Вторая цифра характеризует главный легирующий элемент или группу главных легирующих элементов. Третья цифра или третья со второй соответствует старой маркировке. Четвертая цифра - нечетная (включая 0) указывает, что сплав деформируемый. Так, сплав Д16 маркируют 1160, Д19 - 1190. Опытные сплавы обозначают цифрой 0, ставится перед единицей. Например, сплав марки 01420. «0» исключается из маркировки, когда сплав становится серийным. В литейных сплавах последняя цифра четная. Проволочные сплавы цифра 7.

Чистота сплавов обозначается буквами, стоящими после маркировки сплава: Пч, Ч, Оч – т. е. практически чистый, чистый и очень чистый, по примесям железа, кремния и других элементов. Состояние полуфабрикатов из алюминия обозначается следующей маркировкой: М - мягкий, отожженный; Т - закаленный; Т1 - закаленный и искусственно состаренный; Н - нагартованный; Н1 - усиленно нагартованный (нагартовка ~20 %) и т. д.



Применение алюминия и его сплавов в промышленности (данные 1998 г.)

МАГНИЙ

Магний — металл серебристо-белого цвета.

При обычных условиях поверхность магния покрыта прочной защитной плёнкой оксида магния MgO , которая разрушается при нагреве до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, после чего металл сгорает с ослепительным белым пламенем. Плотность

Магния $1,738\text{ г/см}^3$, температура плавления металла $t_{\text{пл}} = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Магний – один из самых распространенных в земной коре элементов, он занимает VI место после кислорода, кремния, алюминия, железа и кальция.
- В природе магний встречается только в виде соединений. Он входит в состав многих минералов, образующие огромные массивы на суше и даже целые горные хребты – *магнезит* и *доломит*.
- На поверхности Земли магний легко образует водные силикаты (тальк, асбест, серпентин) . Из известных науке 1500 минералов около 200 (более 13%) содержат магний.
- В природе соединения магния встречаются и в растворенном виде. В водах океана его запасы неисчерпаемы.
- При недостатке магния приостанавливается рост и развитие растений. Накапливается он преимущественно в семенах. Введение магниевых соединений в почву заметно повышает урожайность некоторых культурных растений (например, свеклы).
- Металлический магний был впервые получен в 1828 г. Основной способ получения магния – электролиз.

Сплавы на основе магния: свойства магния, общая характеристика и классификация магниевых сплавов

- Магний — щелочноземельный металл серебристо-белого цвета. Это один из наиболее распространённых металлов в природе. Важнейшими его свойствами являются: малая плотность (магний легче алюминия примерно в 1,6 раза); отличная обрабатываемость резанием; способность хорошо противостоять динамическим нагрузкам и вибрациям; химическая стойкость против едких щелочей, бензина, керосина и некоторых минеральных масел.
- Главными недостатками магния являются его низкие механические свойства (прочность и пластичность) и малая устойчивость против коррозии во влажной атмосфере, в морской воде и в большинстве минеральных кислот. К недостаткам магния следует отнести также его пониженные литейные и низкие упругие свойства. Магний в виде слитков и изделий не огнеопасен. Самовозгорание его происходит при нагреве на воздухе до 550-650 °С или после расплавления, если он не изолирован от кислорода воздуха. Порошкообразный магний или тонкая магниевая лента легко загораются от спички и горят ярко-белым пламенем, выделяя большое количество теплоты и ультрафиолетовых лучей.
- Из-за низких механических свойств как конструкционный материал чистый магний не применяется. Больше всего магний используется в качестве восстановителя при производстве титана и при легировании сплавов на основе алюминия. Меньшая часть металла расходуется на производство собственных сплавов, которые благодаря малой плотности, достаточной прочности и отличной обрабатываемости резанием все шире применяются в машиностроении и особенно в самолёто- и ракетостроении. Благодаря способности воспринимать и погашать динамические нагрузки и вибрации сплавы магния используются при изготовлении изделий, подверженных сильным толчкам (колеса орудий, самолётов, поршни, шатуны и др.).
- Для повышения механических свойств и коррозионной стойкости в магниевые сплавы вводят различные легирующие компоненты. Алюминий, цинк, цирконий, церий повышают механические свойства. Цирконий и марганец улучшают коррозионную стойкость, а редкоземельные металлы (неодим, церий, лантан) — обеспечивают им высокие механические свойства при повышенных температурах. Наилучшей жаропрочностью обладают сплавы, легированные торием. Добавка в сплавы лития делает их сверхлёгкими.
- К недостаткам магниевых сплавов относятся низкие литейные свойства.

□ Контрольные вопросы

- **1.Какие металлы используются, как легирующие в алюминиевых сплавах?**
- **2.Как делятся по способу производства алюминиевые сплавы?**
- **3.Что означают буквы Д, АД, АК, АМ, АВ, АЛ, АМг и Амц в маркировке алюминиевых сплавов?**
- **4.Где используется алюминий и его сплавы?**
- **5.Применение магния**

Классификация видов износа

Износ материала возникает при соприкосновении двух материалов.

Виды износа :

Окислительный износ в процессе трения разрушаются и вновь образуются продукты износа, которые состоят из окислов.

Тепловой износ возникает из-за нагрева зоны трения до температуры размягчения металла.

Абразивный износ разрушение поверхностных слоёв металлов при трении скольжении.

Осповидный процесс разрушения поверхностей деталей вследствие микроскопических деформаций сжатия, упрочнения поверхностных слоёв, возникновения остаточных напряжений в них и явления усталости металла при переменных нагрузках.

Коррозия разрушение поверхности металла в результате химического или электрохимического воздействия среды (ржавчина, гниение, и др.).



*Лопатки ротора паровой турбины
5-й ступени (К-300, К-500)
(характерный вид эрозионных
повреждений)*



Износ лопаток паровых турбин

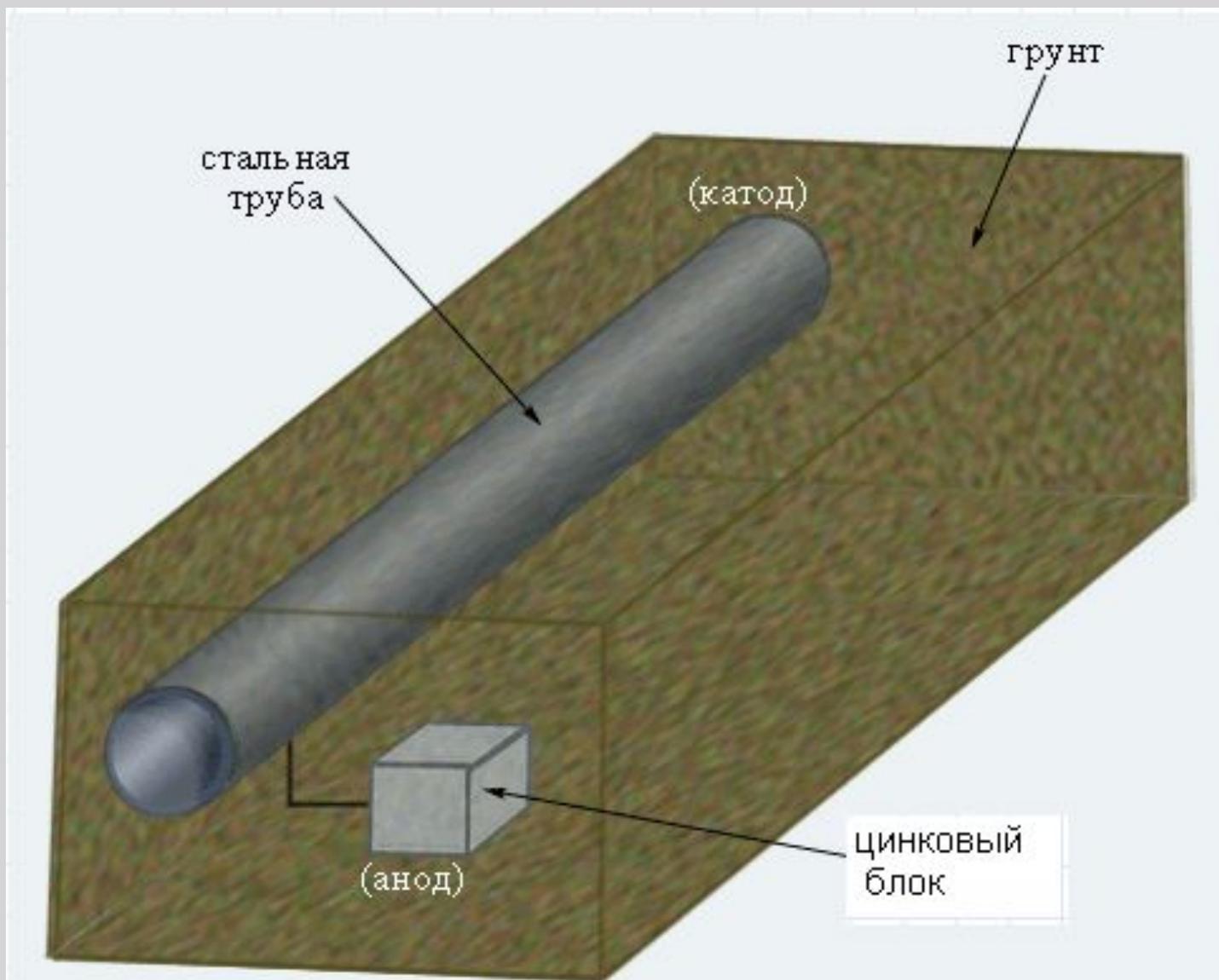


Абразивный износ шейки ротора





Катодная защита



Защита от коррозии

Защита металлов от коррозии базируется на следующих методах:

- **повышение химического сопротивления конструкционных материалов,**
- **изоляция поверхности металла от агрессивной среды,**
- **понижение агрессивности производственной среды,**
- **снижение коррозии наложением внешнего тока (электрохимическая защита).**

Основные решения защиты металлических конструкций от коррозии:

- **Защитные покрытия;**
- **Обработка коррозионной среды с целью снижения коррозионной активности..**
- **Электрохимическая защита металлов;**
- **Разработка и производство материалов повышенной коррозионной устойчивости путем устранения из металла или сплава примесей, ускоряющих коррозионный процесс .**
- **Переход от металлических к химически стойким материалам (стекло, керамика и др.);**
- **Рациональное конструирование и эксплуатация металлических сооружений и деталей (исключение неблагоприятных металлических контактов или их изоляция, устранение щелей и зазоров в конструкции, устранение зон застоя влаги, ударного действия струй и резких изменений скоростей потока в конструкции и др.).**

Примерное назначение коррозионностойких сталей

20X13, 08X13, 12X13, 25X13H2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабоагрессивных средах.
30X13, 40X13, 08X18T1	Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08X18T1 лучше штампуемость).
06XH28MT	Для сварных конструкций, работающих в средне-агрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.).
14X17H2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Обладает высокими технологическими свойствами.
95X18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа.
08X17T	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12X18H10T для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям, при температуре эксплуатации не ниже - 20 ⁰ C.
15X25T, 15X28	Аналогично стали 08X17T, но для деталей, работающих в более агрессивных средах, при температуре от - 20 до 400 ⁰ C (15X28 - для спаев со стеклом).
20X13H4Г9, 10X14АГ15, 10X14Г14Н3,	Заменители сталей 12X18H9, 17X18H9 для сварных конструкций.
09X15H8Ю, 07X16H6	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09X18H8Ю - для углекислых и солевых сред.
08X17H5M3	Для деталей, работающих в сернокислых средах.
20X17H2	Для высокопрочных тяжелонагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах.
10X14Г14Н4Т	Заменитель стали 12X18H12T для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до 196 ⁰ C.
12X17Г9АН4, 15X17АГ14, 03X16H15M3Б, 03X16H15M3	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12X18H9, 12X18H10T). Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислотах.
15X18H12C4ТЮ	Для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте.
08X10H20T2	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде.

□ Контрольные вопросы

- 1.Что такое коррозия?
- 2.Перечислить виды износа материала.
- 3.Перечислить способы защиты от коррозии.
- 4.Рассказать принцип действия катодной защиты