

**Конспект Лекцій з дисципліни  
«Матеріалознавство і технологія  
конструктивних матеріалів»  
(комплект документів для дистанційного  
навчання)  
(частина 1)**

**«Матеріалознавство»**

Материаловедение — наука, изучающая сущность и свойства металлов и их сплавов, устанавливающая связь между их составом, структурой и свойствами и разрабатывающая пути воздействия на их свойства.

Что такое металл?

М.В. Ломоносов: металлы это „железные тела, которые ковать можно“

Характерные свойства металлов:

- высокая теплопроводность;
- высокая электропроводность;
- электронное строение;

1. Классификация металлов.

Все делятся на группы: черные и цветные металлы.

Черные металлы имеют темную-серую окраску, большую плотность, высокую  $t$  плавления, высокую твердость (железо-Fe).

Цветные металлы красного, желтого и белого цвета. Обладают большой пластичностью, малой твердостью, низкой  $t$  плавления (медь - Cu).

Черные металлы подразделяются:

- Железные металлы — железо, кобальт, никель
- тугоплавкие металлы,  $t$  плавления которых выше  $t$  плавления железа (более  $1539^\circ\text{C}$ );
- Углеродистые металлы;
- редкоземельные металлы — лантаны, церий, неодим, празеодим
- цветные металлы

Цветные металлы подразделяются:

- легкие металлы — бериллий, магний, алюминий. Обладают малой плотностью;
- благородные металлы — серебро, золото, платина. Высокая устойчивость против коррозии;

(2)

- легковываемые металлы - цинк, кадмий, ртуть, олово, свинец и др.

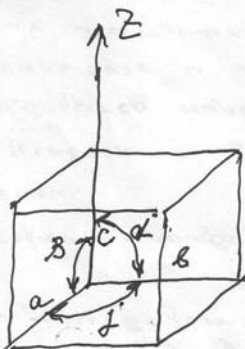
### Кристаллическое строение металлов.

Во всех металлах могут находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Четвертым состоянием называется плазма - сильно ионизированный газ.

Все металлы и сплавы имеют кристаллическое строение, которое в значительной степени определяет их свойства.

Кристаллами наз. совокупность атомов или ионов, которые расположены в определенном порядке и характеризуются повторяемостью в 3-х измерениях и образуют кристаллическую решетку. Тела и материалы кристаллического строения называются твердыми телами.

Наибольшим объемом кристалла, дающим представление о его строении является элемент кристаллической решетки. Элемент кристал. решетки характеризуется величинами ребер ( $a, b, c$ ) и углом между ними ( $\alpha, \beta, \gamma$ ).



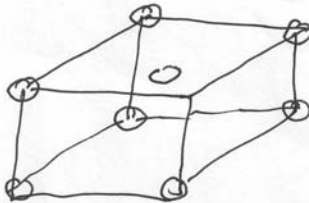
В зависимости от соотношения ребер и углов имеют 7 систем:

- триклинная;
- моноклинная;
- ромбическая;
- тригональная;
- тетрагональная;
- гексагональная;
- кубическая

3

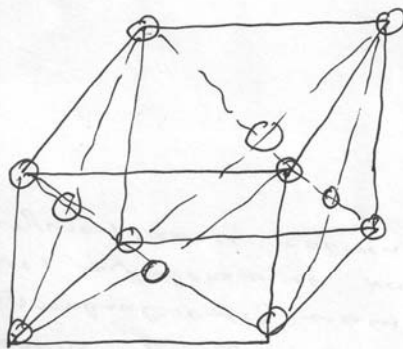
Металлы образуются из следующих кр. решеток:

1. Объемноцентрированная кубическая решетка (ОЦК)



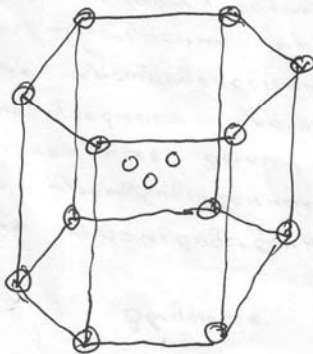
Железо, хром,  
вольфрам, молибден

2. Гранецентрированная кубическая решетка (ГЦК)



Никель.

3. Тетрагональная плотной упаковки решетка (ГПУ)

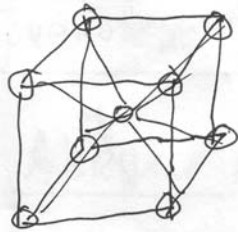


Магний.

(4)

объемно-центрир.

4. Тетрагональная решетка



и т.д.

Атомы в разных плоскостях крист. реш. расположены на разном расстоянии; это определяет то, что свойства кристаллов в различных направлениях различны. Это свойство назыв. анизотропией.

2. Кристаллизация металлов. Механизм процесса. Влияние величины зерна на механические свойства металлов.

В чистых металлах при определенных температурах происходит изменение агрегатного состояния (газообр., тверд., жидкое) → твердое состояние металлов (при  $t$  плавления), жидкое в газообразное (при  $t$  кипения).  $t$  перехода зависит от давления

Например

При давлении 0,1 МПа

Fe  $t_{\text{плавл}} = 1539^\circ\text{C}$

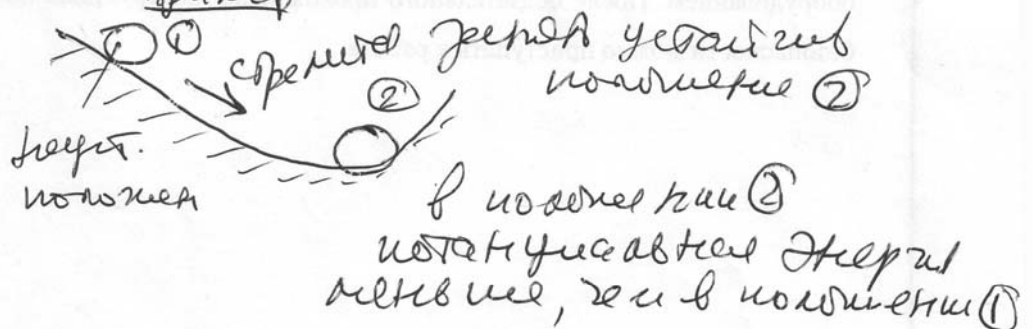
(железо)  $t_{\text{кипл}} = 2880^\circ\text{C}$

(5)

При переходе из жидкого состояния в твердое образуется кристаллическая решетка, возникают кристаллы. Такой процесс называется кристаллизацией.

В природе все самопроизвольно протекает скорее процесс, а следовательно, кристаллизация обуславливается тем, что новое состояние является энергетически более выгодным, обладает меньшим запасом энергии.

Пример



### Процесс кристаллизации

1878г. С.Ж. Чернов доказал, что процесс кристал. состоит из двух элементов: зарождения кристаллов

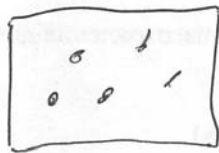
Первый процесс → зарождение мельчайших частей кристаллов ("зачатков")  
следом → зарождение

6

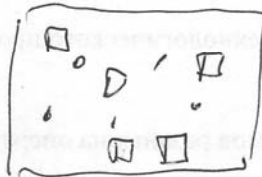
Еще их называют чешуйками  
кристаллизации

Второй процесс — рост кристаллов  
из жидк. фазы.

Модель кристаллизации



5 зародков,  
на 1 секунду



2 сек. — евр  
5 зар (D)



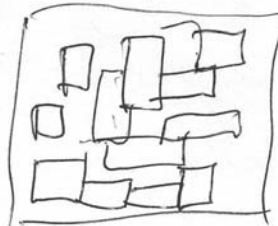
3 сек



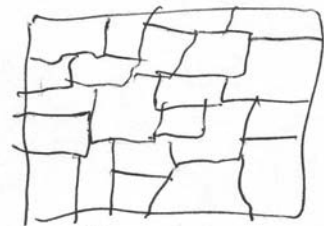
4 сек



5 сек.



6 сек.



7 сек.

Кристалл.  
закончен

~~Чем меньше зерно, тем больше  
площадь поверхности металла~~

Рост кристалл. продолжается  
до тех пор, пока металл не  
перейдет в состояние и



⑦

Охлаждение, тем больше скорость

Чем больше скорость охлаждения, тем больше скорость их роста, тем меньше размер кристаллов (зерна), выросло из одного зерна, и следовательно, более мелкозернистой будет структура металла.

При нагреве стали происходит увеличение зерна, поэтому при этом образуются крупные зерна.

Размер зерна сильно влияет на его механические свойства.

Возможны и исключения, например, если металл имеет мелкие зерна.

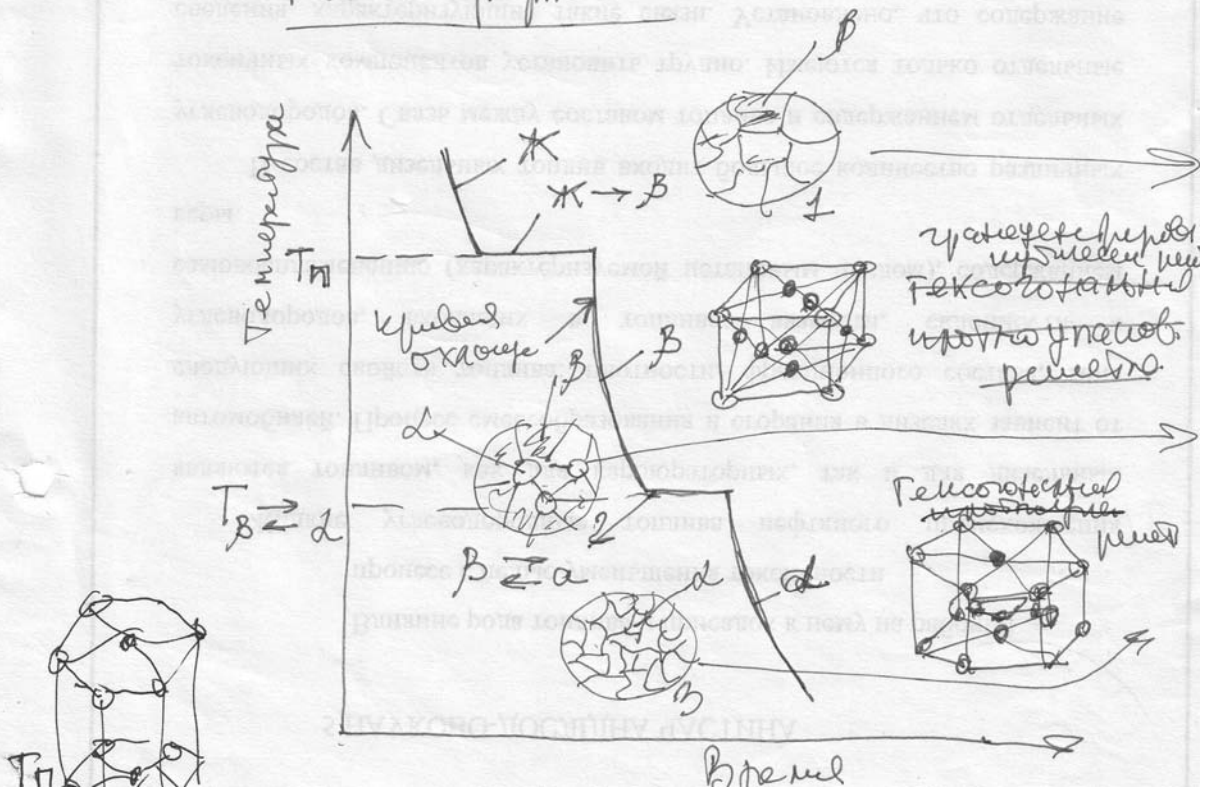
На размер зерна оказывают влияние внешние температуры нагрева и размер исходного металла, его хим. состав и наличие легирующих элементов.

8

Полиморфные превращения металлов.  
Влияние полиморфизма (аллотропии) на свойства металлов.

Многие металлы в зависимости от температуры могут существовать в разных кристаллических формах — в тех или иных полиморфных модификациях.

Кубическая октаэдрическая решетка (металлы), шестого или восьмичленного формы.





Лекция 2 (М1.) <sup>①</sup> Мет-тех и  
ТКМ

1. Физика и практическая дефор-  
мация металлов. Механизм и

процессов. Температурно-деформационная диаграмма

Деформацией называется изменение размеров  
и формы тела под действием приложенных сил.

Физика деформации - это деформация  
при которой внешне на образец,  
структуру и свойства тела обратимая  
после прекращения действия внешних  
сил.

При этом физика деформации  
не вызывает остаточных изменений  
в структуре и свойствах металла.

~~Под действием~~

При растяжении поперечная  
возрастает расхождение между атомами  
а при сжатии расхождение уменьшается

После снятия нагрузки нагретый  
образец под действием электростатичес-  
ких сил возвращается в исходное  
положение, принимая первоначаль-  
ную форму и размеры

При возрастании нагрузки  
выше определенной величины дефор-  
мация становится необратимой

При снятии нагрузки обратимая  
лишь часть создаваемой деформации.

(2)

Часть деформации, которую называют пластической, остается. При пластической деформации необратимо изменяется структура металла, его форма и свойства.

При большой степени деформации возникает преимущественная ориентация кристаллических плоскостей и направлений в зернах.

Увеличивается ориентация кристаллов относительно внешних деформационных сил получила название текстуры (тензора деформации).

Чем > степень дефор., тем больше часть зерен поворачивается преимущественно ориентацию (тензор)

2. Холодная пластическая деформация: изменение структуры и механических свойств металлов и сплавов.

Холодной деформацией называют такую, которую проводят при  $t$  ниже  $t$  рекристаллизации.

Рекристаллизация это образование новых зерен в металле.

Холодная деформация сопровождается упрочнением (наклепом)

металла.

3. Наклеп. Практическое задание  
измерение эвентил наклепа.  
Грубесуточные обработки.

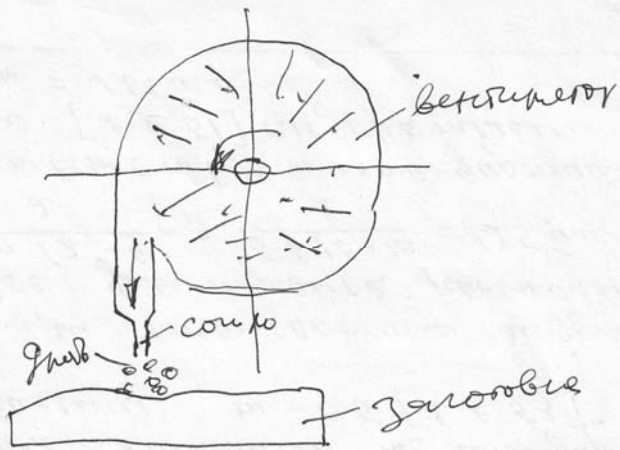
С увеличением степени холодно-деформации свойства, характеризующие сопротивление деформации (бв.) повышаются, а сподность и пластичность деформации уменьшаются. Это явление называют наклепом.

Упрочнение металла в процессе пластической деформации (наклеп) объясняется увеличением числа дислокаций кристаллов.

Поверхностная пластическая деформация <sup>(искусственно наклеп)</sup> увеличивает <sup>готовности</sup> детали машин.

Одним из методов такого упрочнения является грубесуточный наклеп, который осуществляется путем направленного на обрабатываемую поверхность крупной или средней粒度.

4



4. Статистические характеристики прочности и пластичности металлов и сплавов.

Статистическая теория

При выборе параметров оценки прочностных свойств металла следует различать следующие группы критериев:

- А. Критерии оценки прочностных свойств металлов, которые характеризуют материал в зависимости от его структуры:
- $\sigma_{0.2}$  - предел текучести, кгс/мм<sup>2</sup>
  - $\sigma_{0.1}$  - временное сопротивление, кгс/мм<sup>2</sup>  
напряжение соотв. пределу выносливости при разрушении образца
  - $\delta$  - относительное удлинение после разрыва % - отношение прироста длины к ее первоначальной величине
  - $\psi$  - относительное сужение после разрыва % - отношение уменьшения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к начальной площади поперечного сечения образца

1. Свойства

5

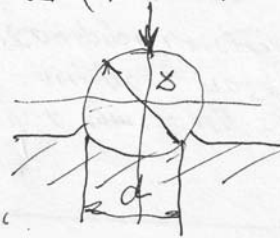
Б. Критерии оценки конструктивной прочности материала, которое находится в контактной среде со смазочными свойствами данного узла (рабочие свойства материала: стойкость, надежность, и др.)

В. Критерии оценки прочности конструктива в целом, которое определяется при статических и динамических испытаниях

5. Стандартные методы определения твердости  
Обобщение всех твердостей

Твердость называется свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при контактом воздействием в поверхностном слое.

Определение твердости по Бринеллю. Сущность метода — стальной шарик диаметром  $D$  вдавливаемое в образец под действием нагрузки  $P$  ( $H, кгс$ ) и последующем измерении диаметра отпечатка  $d$  (после снятия нагрузки)



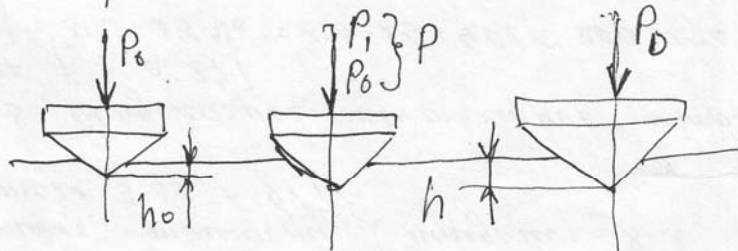


5

Твердость по Бринеллю вычисляют  
двумя способами НВ и расчетов по

формулам  
Метод Бринелли <sup>используют</sup> применяют  
две стали по 450 НВ

Определение твердости по  
Роквеллу. Сущность метода  
заключается в вдавлении конической  
головки с алмазным конусом с  
углом  $120^\circ$  под действием  
последовательно прикладываемой  
нагрузки — предварительной  $P_0$   
и основной нагрузки  $P_1$  с  
последующим измерением  
остаточного увеличения глубины  
вдавливания конической  
головки основной нагрузкой и  
сохранения предварительной нагрузки.



Обозначение: HRC 56

~~Роквелл~~

⑦

Масло расширяется. — Твердость

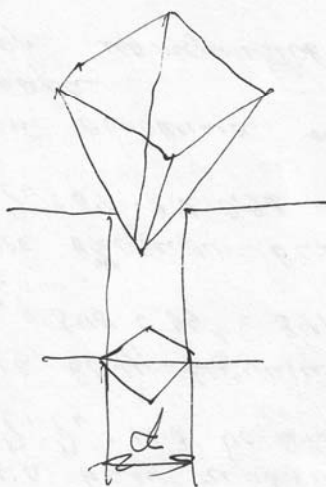
по Виккерсу

алмазный наконечник —

четырёхгранный. Выражение

измерения диаметра отпечатка

обозначение HV



### 6. Анизотропия свойств металлов

16, 17

Плотность расположения атомов по различным направлениям неодинакова в разных кристаллических решетках

Средствами этой свойстве

(химические, физические, механические) свойства металла зависят в разных направлениях — разнятся.

⑧.

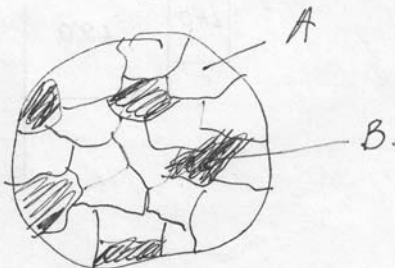
Эта характеристика в свете  
механических в разных направле-  
ниях называется анизотропией

Т.О. - кристалл - тело анизотроп-  
ное в отличие от аморфных  
тел (стекло, пластмасса).

1. Структура металлических сплавов:  
механические смеси, твердые растворы,  
химические соединения.

### Механические смеси

Механ. смесь двух компонентов  $A$  и  $B$  образуется, тогда когда они не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединений. В этом случае сплав будет состоять из кристаллов  $A$  и  $B$ .



### Твердые растворы

ТВ. растворы называются сплавы, в которых один из компонентов сплава сохранил свою кристаллическую решетку, а атомы другого компонента расположены в решетке первого компонента (растворитель), уменьшив ее размер. Следовательно,

(2)

Тв. р., состоящий из 2-х или нескольких  
компонентов, имеет одну или несколько  
решеток и представляет собой одну  
фазу. Различают т.р. замешенный и  
т.р. внедренный. Три образца т.р.  
замешенный состоит растворенных компо-  
нентах замешенном число атомов растворя-  
теля в его кристаллической решетке.

Три образца т.р. внедренный атомы  
растворенных компонентов рассредоточены

в междоузлиях (пустотах) кристалл. реш.  
растворителя.

Все металлы могут в той  
или иной степени взаимно растворяться  
друг в друге

Например: в алюминии может  
растворяться до 5,5% меди.

### Химические соединения

Хим. соединения характеризуются  
специфичными свойствами:

- кристал. р. хим. соед. отличаются  
от решеток компонентов, образую-  
щих соединение;
- свойства соед. резко отличаются  
от свойств компонентов;

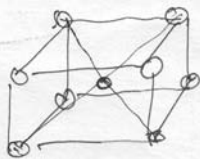
③

- образование хим. соед. сопровождается значительных тепловым эффектом.
- $t$  превращение хим. соед. не обратимо.

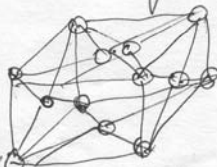
2. Диаграмма составов двойных сплавов. Их построение, практическое использование на примере железо - цементит

Рассмотрим основные компоненты диаграммы Fe и C.

Железо — металл серого цвета. Атомный № 26 (чистое железо 99,999% Fe).  $t_{пл.} = 1539^\circ\text{C}$ .  
Имеет две модификации  $\alpha$  и  $\gamma$ . Модификация  $\alpha$  существует при  $t$  ниже  $910^\circ\text{C}$  и выше  $1392^\circ\text{C}$ . Кристал. р.  $\alpha$  железа — объемно-центрир.



$\gamma$  — железо существует при  $t$   $910 - 1392^\circ\text{C}$ . и имеет гранецентрир. кубическую решетку.



$t = 768^\circ\text{C}$  — точка Кюри и точки  $A_2$

21  
Кривизна по оси абсцисс  
 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$  при  $t = 910^\circ\text{C}$  образуется  
соединение  $\text{Fe}_3\text{C}$  (при нагреве)  
и  $\text{Fe}_3$  (при охлаждении)

Кривизна по оси ординат  $\gamma \rightleftharpoons \alpha$   
при  $t = 1392^\circ\text{C}$  образуется  $\text{Fe}_4\text{C}$  (при  
нагреве) и  $\text{Fe}_4$  (при охлаждении).

Углерод — неметал. элемент,  
атомный № 6.  
 $t_{\text{нагр.}} = 3500^\circ\text{C}$ .

Углерод полиморфен. —  
может находиться в диссоци-  
ионной графита и алмаза.

Углерод растворим в металлах  
в жидком и твердом состоя-  
нии, а также может  
быть в виде хлоридов —  
карбидов.

В системе Fe — C различают следую-  
щие фазы: жидкий сплав, твердые  
растворы — феррит и цементит, а также  
углерод и графит.

Феррит (F) — тв. р. углерода в  $\alpha$ -  
железе.

Цементит (C) — тв. р. углерода в  $\gamma$ -  
железе.

Цементит (γ) - хим. связь железа с углеродом.  
- карбид железа, Fe<sub>3</sub>C.

Графит - модифицированное железо -  
металл, имеет шпательный  
и др. свойства.

Ледобит - Fe<sub>3</sub>C  
Перлит - Fe + Fe<sub>3</sub>C (формы цементитной  
структуры)  
в сплавах Fe - C существуют

две высокоуглеродистые фазы:  
метастабильная - цементит и стабильная -  
графит. Поэтому равновесие  
две системы имеет  
- метастабильную Fe - Fe<sub>3</sub>C  
и стабильную Fe - C (графит)

На диаграмме соответствует железо -  
цементит фазовый состав и  
структура сплавов с содержанием  
от нуля железа до цементита (6,67C).

точка A - температура плавления железа  
(1538 °C);

линия FKL - соответствует цементиту

точка N - (1392 °C) - соответствует  
полюсному превращению  
 $\alpha \rightleftharpoons \gamma$

линия AB - линия мивидуса показыва-  
етем t, ниже которой  
происходит кристаллизация  
железа по сплаву



## Диаграмма Fe-C

6



Fe – железо –  $t_{\text{плав}} = 1539^{\circ}\text{C}$ ;

Углерод (C) –  $t_{\text{плав}} = 3500^{\circ}\text{C}$ ;

$\alpha$  и  $\gamma$  – полиморфные модификации железа (Fe);

Феррит (Ф) – твердый раствор углерода в  $\alpha$ -железе;

Аустенит (А) – твердый раствор углерода в  $\gamma$ -железе;

Цементит (Ц) – химическое соединение железа с углеродом – карбид-железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ );

Графит – модификация углерода;

Ледебурит – смесь аустенита и цемента;

Перлит – смесь феррита и цемента;

Точка А – температура плавления железа ( $1539^{\circ}\text{C}$ );

Линия FKL – соответствует цементиту;

Точка N – соответствует полиморфному превращению  $\alpha \rightleftharpoons \gamma$  ( $1392^{\circ}\text{C}$ );

Линия АВ – линия ликвидуса (показывает  $t$ , ниже которой происходит кристаллизация из жидкого сплава феррита);

Линия ВС – линия ликвидуса – соответствует  $t$  начала кристаллизации аустенита (А) из жидкого сплава (Ж);

Линия CD – линия ликвидуса – соответствует  $t$  начала кристаллизации первичного цемента из жидкого сплава;

Линия AN – линия ликвидуса – является температурной границей области жидкого сплава кристаллов феррита;

Линия NB – линия равновесия ( $1490^{\circ}\text{C}$ );



(7)

Линия BC - линия равновесия - соответствует  
темпер. начала кристал. аустенита/A,  
из мартенита (Ж);

Линия CD - линия равновесия - соответствует  
темпер. начала кристал.  
первично цементита ( $Fe_3C_I$ )  
из мартенита (Ж);

Линия AH - линия равновесия - является  
температурой начала образования  
мартенита (Ж) и кристаллов  
 $\delta$ -феррита (Ф), также этот  
линии соответствует точка  
 $\delta$ -феррит.

Линия HJB - линия равновесия ( $1490^\circ C$ )

Линия ECF - линия равновесия - соответствует  
кристал. эвтектики - ледообразование

С увеличением в стали углерода

образуются, увеличивается прочность и  
температура. Возрастает и увели-  
чивается окислительная способность, относительная  
жесткость и ударная вязкость

После выжигания с  
повышением углерода до 0,55-0,65%  
возрастает, а при дальнейшем содержании  
углерода снижается.

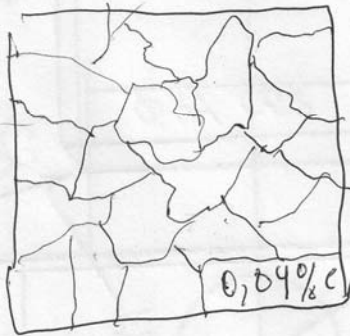
8

А. Общее характеристика и граница  
соединения железа цементит Б. Микроструктура  
углеродистых сталей и бейнов  
чугунов.

А - граница Fe + C

Б.

Сталь углеродистая - микроструктура



Цементит соединяет узлы феррита



Цементит соединяет узлы феррита

Микроструктура чугуна



Ледяной углерод



Ледяной углерод + цементит



Ледяной углерод + перлит

(9)

Серые и высокоцирковые цуцны,  
состав, строение, свойства, маркировка,  
область применения. (п. 15).

Дома 2, 14С

Разматом: Белый цуц (цукеро)  
находятся в свернутом состоянии в виде  
картона.

Серый цуц - (цукеро) находится  
в свернутом состоянии в форме плоской  
гесной графине

Высокоцирковая цуц (цукеро)  
находятся в свернутом состоянии в форме  
маровидного графине

Ковкий цуц (цукеро) находится  
в свернутом состоянии в форме хлопье-  
видного графине.

Структура цуц серого.

Разматом



объемный



ферритовый



ферритовый

(10)

Свойства чугуна

Лучше режется, свойства по сравнению со сталью.

Древь имеет пластичность  
Хорошие антифрикционные свойства (смазывается графитом)  
Хорошие механические свойства

Мар керодела.

Серый чугун

СЧ40

предел прочности при растяжении  
40 кгс/мм<sup>2</sup>  
(МПа = 390)

Высокопрочные чугуны

ВЧ45-5

45 кгс/мм<sup>2</sup>

относит. удлинение

$\delta = 5\%$

Керн. ван абраз

Ковшие чугуны

КЧ30-6

30 кгс/мм<sup>2</sup>

относ. ул.  $\delta = 6\%$

одна из них —

② Легирование ①

Высоколегированные сплавы называются сплавами с маровидными свойствами — где это поочередно углерод, молибден, никель, ванадий, титан, кобальт, медь, алюминий — все это вводится в металл — не просто поочередно, а в определенную форму.

У ШТ — углерод с маровидными свойствами

В 4 50-20

Ванадий

Углерод

Минимальное содержание

(10<sup>-1</sup> кг/т, кг/см<sup>2</sup>)

Ванадий 18 кг/т

③ Бронзы. Состав, свойства, маркировка, область применения.

Бронзы — сплавы меди с другими элементами — высокая механ. прочность, устойчивость и коррозионная стойкость.

Бр — бронза после zero  
 О — оловянная  
 Ц — цинковая  
 А — алюминийная  
 С — свинцовая  
 Д — дюралевая  
 Ф — фосфористая  
 К — кадмиевая  
 М — марганцевая  
 Н — никелевая  
 П — платиновая  
 Р — ренийная  
 Т — титановая  
 У — урановая  
 Х — хромовая  
 Ц — цинковая  
 Ш — шурповая  
 Э — эвтектическая

2

Бр 04 - 4 - 3

основ 4%

углея 3%

содержание меди  $100 - 7 = 93\%$

17) Леструм. Соедин, свойства, состав, применение, марка цинкенин

Леструм - сплавы на основе меди, при  
оставших легирующих  
элементах образуются  
текстур. леструм содержит до 40-45%  
Zn (цинк)

Маркировка:  $\Lambda 70$  — 70% меди  
Леструм

$\Lambda 40$   $Mz 1,5$  — 1,5% марганца  
Леструм 40% цинка Марган

18) Сплавы на основе алюминия. Классиф, состав, свойства, применение, марка цинкенин

Алюминий - металл среднее - слабо упроч  
 $t^{\circ}$  плавл.  $600^{\circ}C$  Плотность  $2,71/cm^3$  (7,8 - медь)



3

Высокая эл. проводимость

Техни. ал. — медь, цинк, алюминий, проволока. Легко обрабатывается. Высокая пластичность. Хорошо сваривается

Классификация

Широко применяются сплавы Al-Cu,

Al-Mg, Al-Cu-Mg и др.

Сплавы имеют разную структуру:

- деформируемые (медь, алюминий, цинк, магний, др.);
- не деформируемые (прочностные сплавы);

Термическая обработка

Закалка

Старение (10-24 часа при  $t = 150-200^{\circ}\text{C}$ )

Диффузионный отпуск (гомогенизация)

— (проводится с целью перемешивания сплава при одностороннем давлении)

$t = 450-520^{\circ}\text{C}$  в течение 4-40 часов. Охлаждение

— в воздух или вместе с ценой

Реверсивный диффузионный отпуск —

$t = 350-500^{\circ}\text{C}$  → в течение 0,5-2 ч.

(5)

(19) Ферритомиты - сплавы Al - Cu - Mg  
(занимают второе место)

Обозначение сплавов:

A1; A16; AB; B95;

AK6; AK4-1; X20

Обозначение:

A - ферритомиты;

A - Технические с Al;

AK - алюмин. кобальтовые сплавы;

B - высокопрочные

сплав алюминия (AB) - югослав  
высокопрочные сплавы

Прочность 550 - 700 МПа

Пример B95

Жаропрочные сплавы

Пример A20 где феррит  
рабочей температурой до 300°C (корпусы, колеса  
и т.д.)



8.

Синтетический - Сплав Al-Si

Высокие механические свойства.

Например Al<sub>2</sub> (10-13% Si) —  
высокая коррозионная стойкость.

Легко обрабатывается давлением

Al<sub>4</sub> — корпуса компрессоров,  
картеры и др. детали двигателей  
автомобилей.

20. Конструктивные особенности  
стен: сечение, структура, свойства,  
параметры, обработка и т.д.

Конструктивными назыв. стен,  
шестерня. где упроч. сет. нам,  
конструкция соответствует.

К этим стенам относятся  
стены со структурой. свойства —  
прочность, упругость, коррозионная  
жесткость и др.



конструк. схемы полнота херомо  
объек. гелевен, ружиком, сваривеел.

Укрепление конструктивных  
схем.

Подрезание.

- объективно укрепле;
- укрепление;

Схемы объективных укрепле -  
с10, с11; с12; с13, с14, с15, с16

с1 - с16

Укрепл. - условное обозначение  
марки.

Судем. N - обозначает содержание  
укрепл.

Размеры в зависимости от  
условий и степени расширения:

- сплошное "СП" (с11 СП, с15 СП);
- поперечное "ПС" (с11 ПС, с15 ПС);
- шпильчатое "ШП" (с14 ШП);

Судем. N с16 - повышенная  
цена цинка (с16)



У стани одинократно нанесены —  
утолщения; балки, швеллеры,  
профили, шпунты, плиты, плиты,  
полосы.

Нанесение утолщений  
стали — высокие прокат  
к химическому, структуре:

Маркировка 0,8, 10, 15, 20 ... 35 —  
утолщения содержат утолщения в  
своем виде %.

Линейные утолщения стали (содержа-  
ние утолщения  $\leq 0,25\%$ )

05 кт; 0,8, 07 кт, 10 кт. —  
невысокая утолщения и высокие  
утолщения.

Средне утолщения стали (0,3-0,5% C)

Всего высокие утолщения

классы: 30, 35, 40, 45, 50 и 55

Стали с высоким содержанием углерода —

— (0,6-0,85% C) — ковальные утолщения;  
утолщения.

2

2ф.

Легированные конструк. стали:  
соесть, стружка, свисток, марш-  
ловия, однок и т.д.

Легированные элементы: Марганец,  
Кремний, Хром, Титан, Ванадий, Бор  
и др. Никель, Молибден, Вольфрам,  
Никобит и др.

Многосортные легированные стали -  
(легированные элементы не > 2,5%)

Легированные стали (лег. элемент 2,5-10%)

Высокосортные стали (лег. элемент более 10%)

Маркировка:

- первые две цифры - содержание углерода в сотых %;

А - азот;	Е - сера	Т - титан
Б - никобит	К - кобальт	Ф - ванадий
В - вольфрам	Н - никель	Х - хром
Г - марганец	М - молибден	Ц - цирконий
Д - доп.	П - фосфор	У - редкоземельные
	Р - бор	Ю - алюминий



Диаметр: 12 X 2 А4А

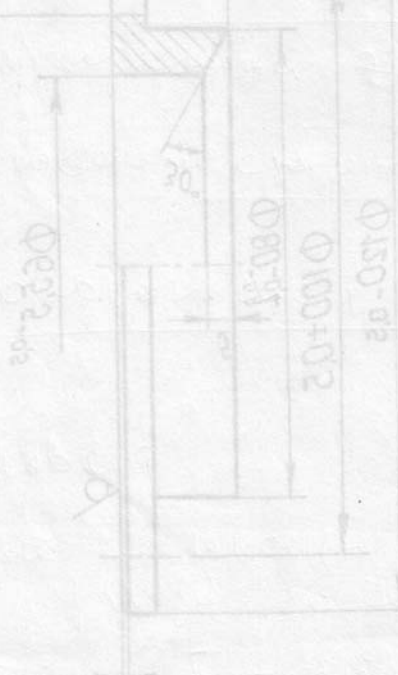
Углерод 0,12%

2% Cr (хром)

4% Ni никель

А - в конце - то это все пополам

А - в центре - сталь берется  
аusten.



22. Углеродистые инструментальные стали:  
состав, структура, свойства, маркировка,  
область применения

Основ. Треб к уг. инструм. с. - сохран. рез. при высок. темп. и высок. тверд.  
Содерж. углерода не более 1%. Тверд. > 60 HRC

- Инструм. стали подразделяют на:
- по хим. составу (углеродистые)
  - по назначению (рез. и реж.)
  - по структуре
  - по способу изготовления

Марки У7, У8, У9, У10, У11, У12;  
↓  
углерод 0,65-0,74.

23. Легированные инструментальные стали: состав  
структура, свойства, маркировка

Содержат легирующ. элемент 1-3%

Марки X<sup>1,2,3,4,5</sup>; 9XC; XГ; X8Г  
C-1% Co, 9% 115 1,0

65 HRC



(11)

Выводы по тем. связи - где тем. связь

P 9 ; P 12 ; P 18  
во влажн.  $\rightarrow$  ~~10%~~ ~~13%~~ ~~18%~~  
10% 13% 18%  
P - разн.  $\rightarrow$  склеив.

## 24. Коммутируемые материалы

Помещены в текст и в матер.  
высокой прочности, выдерживают  
давление и агрессив. среды.

Связаны между собой материа-  
лов с разными параметрами в  
одной композиции - это комму-  
тируемые материалы.

Такие материалы соединяют  
наряду (основной материал) и  
наполнители  $\rightarrow$  углерод, волокна,  
Керолин,

(12)

## 25. Порошковые, аэрофрак. метал.

Спектлы тв. сплавов - выдержка  $1200^{\circ}\text{C}$

Получают сведом порошковых металлов  
металлами. <sup>1. порошк. порошок</sup> 2. прессование и  
3. спекание

Три группы тв. сплавов:

- Вольфрамовые (ВКЗ-М; ВКЧ и др)

- Титанов-вольфрамовые (ТТЗКБ; ТТЗКР)

- Титанов-танталов-вольфрамовые  
(ТТЗКК, ТТЗКД)

ВКЗ - 92% карбид вольфрама  
8% кобальта

## 26. Полимерные материалы

Пластмасса - основа синтетическая  
или природные высокомолекулярных  
соединения (смол)

Пластмассы подразделяются на  
жесткие и эластичные

13

Поэзия → создает из слов свои  
Смыслы - из ихних сочетаний:

Напоказывает, красноречив, ,  
Красив, красноречив и др.

Основные связывающие вещества  
→ смыслов, дитя, асфальт, цемент

Поэзия → вначале безвкус-  
ная, естествен-  
ная асим-  
метрия.  
Затем зона  
хорошо определена.

Поэзия → высокая интонационная  
функция;  
просто,  
Каждый элемент.

Поэзия → интонационная  
атмосфера слов

зубчатые колеса

для шестерен скани

Каждый - поворот, твердый,  
маленький поворот. Прост

(14)

## 27. Закалка стали и цветных металлов

Углерод пер. сор. состоит всего, тогда методом нагрева до сурф.  $t^{\circ}\text{C}$  и послед. охлаждения выдержать металл и остывание структуры металла

Водор  $t^{\circ}\text{C}$  - углерод, стали  
нагрев на  $30-50^{\circ}\text{C}$  выше  
крист. точка  $\text{Ac}_1$  или  $\text{Ac}_4$

Товарная марка в 2...3 рз

### Виды Т. сор:

- сор мнз - карбид, выдержка,  
свободное охлаждение.

удерживает структуру. карбид-  
металл, углерод образ-  
зуется под сор

- Закалка -  $t^{\circ}\text{C}$  в ризе крист.  
Точка  $\text{Ac}_3$ , выдержка,  
быстрое охлаждение

- старение металлов  
... в ризе крист. ...

28. Отпуск закаленных сталей. Виды отпуска. Упрочнение

Отпуск это нагрев стали выше  $A_1$   
Отпуск это желательная операция  
Терм. оф., изменяющая свойства  
металла

- низкий отпуск } Отпуск при  $t = 200^\circ C$  уменьшает и  
повышает прочность и жесткость
- высокий отпуск } Отпуск при  $t = 600 - 650^\circ C$  уменьшает  
прочность металла

196  
277  
278  
200  
276  
275

29. Отпуск и нормализация

Отпуск - терм. оф., состоящий  
в нагреве металла, и последующем  
медленном охлаждении  
в любой среде

Нагрев выше  $A_3$  с послед. медленным  
охлаждением

Остаточные напряжения; устраняются  
высокой температурой и испуск. энергии

Нормализация еса руровизноса  
отмира - охлаетел прворет  
на сивоелтом вудуре

289 30. Цементне чие селам  
300  
289

Цементне чие - 300 поберхостел  
на сивоелте селам чилерофон - в руров-  
тае поберхостел високо чилерофелел  
поберхостел селам.

Разметел: Дверчута и газелута  
челелел чие.

Три твердой цементне чие - в селам  
на поберхостел гревел чие.

Три газелута цементне чие -  
герелел чилерофон камерел чие -  
вудуре чилелел чие газел - охелел  
чилелел CO и CO2 чилел  $t \approx 920^\circ C$

Телел чилелел чие - вилелел чилел  
Телел поберхостел селам, а  
серчелелелел мелел.

~~18~~ (17)

31. Никтоэлементы и уакирреле-  
ние:

Никтоэлементы относятся к  
Термообраз стали — к уакирреле

Таровое уакирреле называется  
Никтоэлементы — это процесс  
процесс в таровый среде →  
а также и в таровый среде

Процесс таровый  
поверхности таровый  
а также и уакирреле

Процесс таровый  
а также и уакирреле

Таровый

~~17~~ (18)

### 32. Азотирующие соли

Азотирующие соли называются процесс насыщения солей азотом.

Процесс производства  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в земледелии и в нем содержится аммиак

образуется аммиак азотом. диффузирует в поверхностный слой земли.

Выводы: поверхность твердая без пор. термодрабты. Выводы: поверхность твердая коррозия и т.д.

### 33. Диффузионное насыщение металла

Диф. насыщение — металлизация — процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали разнородными металлами.

Хром — хромирование  
Бор — борирование  
Алюминий — алитирование



18 19

Этот процесс проводится  
в твердых, вязких и расплавленных  
средах.

Высокая жесткость  
Хорошо вяз. среда при  $t = 1100^\circ\text{C}$

### 34. Поверхностная закалка

Углерод — концентрируется в основном  
в поверхностном слое с остаточной  
средней вязкостью.

Процесс закалки — нагрев  
только поверхности с последующей  
закалкой.

Углерод — индукт. закалка ТВЧ.

### 35. Резиновые материалы

Резина — углерод, водород, кислород,  
сера, фосфор, металлы.

Получают методом вулканизации каучука  
с добавлением серы. Эбонит — твердая резина.

Шины, конвейер. ленты. 10 км от  
научн. центра