Материаловедение и ТКМ

Лекция для студентов инженерных специальностей ф-та механизации сельского хозяйства.

Составил к.т.н. А.С.Рожков

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ

- **Материаловедение** называют прикладную науку о связи состава, строения и свойств материалов. Решение важнейших технических проблем, связанных с экономией материалов, уменьшением массы машин и приборов, повышением точности, надёжности и работоспособности механизмов и приборов во многом зависит от развития материаловедения.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ

- Большой вклад в развитие науки о материалах внесли русские учёные. **П.П.Аносов** (1799 – 1851гг.) впервые установил связь между строением стали и её свойствами. **Д.К. Чернов** (1839 – 1921 гг.), открывший полиморфизм стали, всемирно признан основоположником научного металловедения. Большое значение в развитии методов физико-химического исследования и классификации сложных фаз в металлических сплавах имели работы **Н. С. Курнакова** (1860 – 1941 гг.) и его учеников.

Строение и свойства материалов

- В природе существуют <u>две разновидности</u> твёрдых тел, различающиеся по своим свойствам: <u>*кристаллические*</u> и <u>*аморфные*</u>*.*
- <u>*Аморфные*</u> тела при нагреве размягчатся в большом температурном интервале, становятся вязкими, а затем переходят в жидкое состояние.
- <u>*Кристаллические*</u> тела остаются твёрдыми, т.е. сохраняют приданную им форму, до вполне определенной температуры, при которой они переходят в жидкое состояние. Кристаллические тела <u>характеризуются упорядоченным расположением</u> в пространстве элементарных частиц (ионов, атомов, молекул), из которых они составлены – <u>*геометрический фактор.*</u>

Строение и свойства материалов

Свойства кристаллов зависят:

- От электронного строения атомов.
- Характера взаимодействия их в кристалле.
- От пространственного расположения элементарных частиц.
- Химического состава.
- Размера и формы кристаллов.

Строение и свойства материалов

В зависимости от размеров структурных составляющих и применяемых методов их выявления используют следующие понятия:

- Тонкая структура.
- Микроструктура.
- Макроструктура.

Строение и свойства материалов

Тонкая структура описывает расположение элементарных частиц в кристалле и электронов в атоме.

Изучается дифракционными методами (*рентгенография, элетронография, нейтронография).* Анализируя дифракционную картину, получаемую при взаимодействии атомов кристалла с короткими волнами рентгеновских лучей можно получить обширную информацию о строении кристаллов. Такую мелкокристаллическую структуру наблюдают с помощью электронного микроскопа.

Строение и свойства материалов

Микроструктура. Микроскопические методы дают возможность определить (объект изучения - *шлиф*, оборудование – *микроскоп.* Увеличение до 1400*)*:

- Размер и форму кристаллов.
- Наличие различных по своей природе кристаллов.
- Их распределение и относительные объёмные количества.
- Форму инородных включений.
- Микропустоты.
- Ориентирования кристаллов.

Строение и свойства материалов

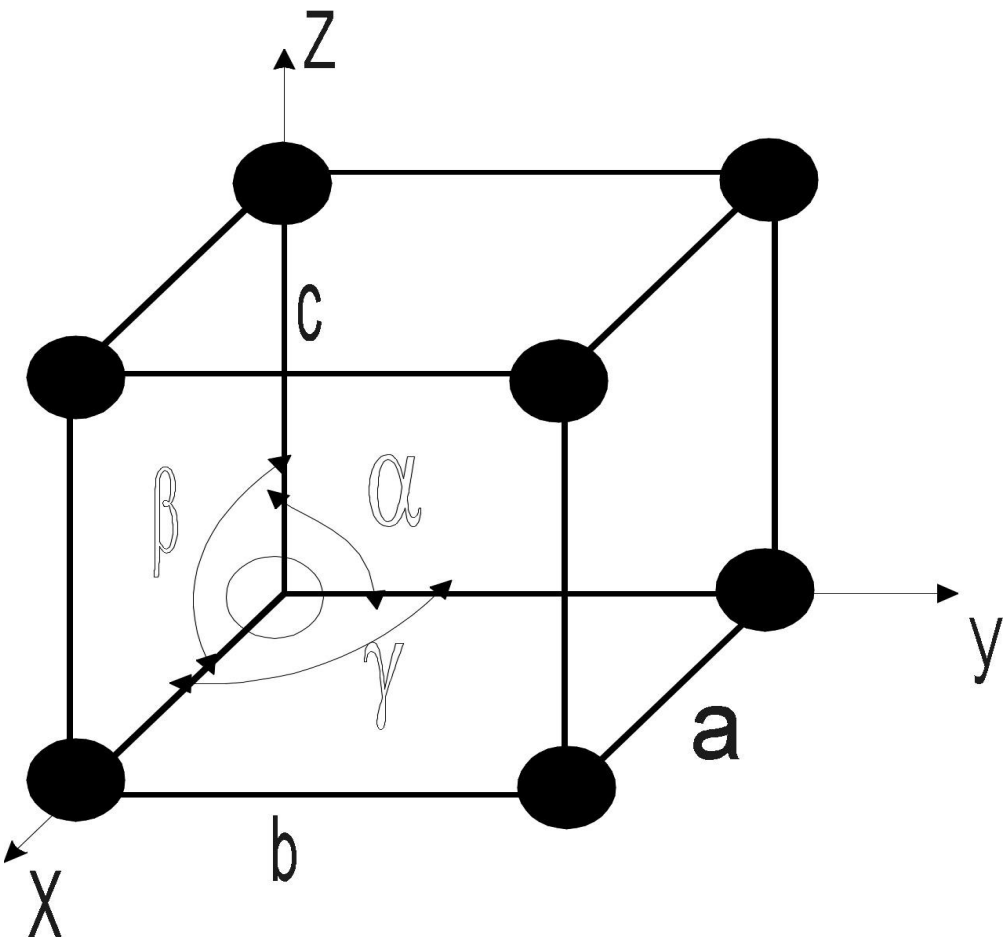
Макроструктура. Макроанализ предусматривает изучения строения кристаллов невооружённым глазом или при небольших увеличениях с помощью лупы. Этот метод даёт возможность выявить:

- Характер излома.
- Усадочные раковины, поры.
- Размер и форму крупных кристаллов
- Трещины.
- Химическую неоднородность (ликвацию).

Строение и свойства материалов

- ***Кристаллическая решётка.***
- В кристалле элементарные частицы (ионы, атомы, молекулы), из которых построен кристалл, сближены до соприкосновения и располагаются различно, но закономерно по разным направлениям.
- Наименьший параллелепипед, в котором в узлах находятся элементарные частицы, называют *элементарной ячейкой.* Последовательное перемещение его образует пространственную *кристаллическую решётку.*
- Для описания элементарной ячейки кристаллической решётки используют шесть величин: *три отрезка* – период решётки a, b, c, *три угла* между этими отрезками α, β, γ. Соотношения между этими величинами определяют форму ячейки. По форме элементарных ячеек все кристаллы подразделяют на семь систем.

Строение и свойства материалов



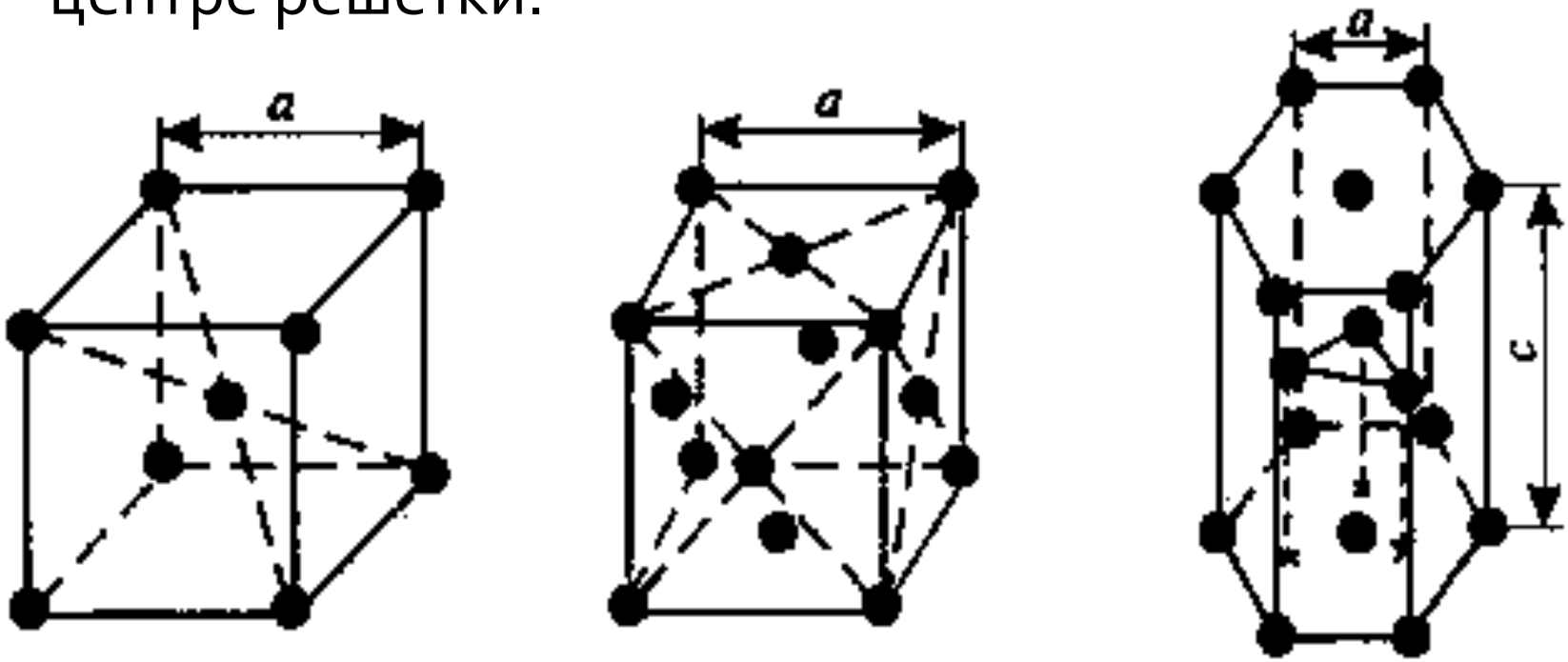
Строение и свойства материалов

Кристаллические системы элементов

Система	Период (рёбра)	Углы
Триклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$
Моноклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^o \quad \gamma \neq 90^o$
Ромбическая	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^o$
Ромбоэдрическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^o$
Гексагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^o \quad \gamma = 120^o$
Тетрагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^o$
Кубическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^o$

Строение и свойства материалов

- В большинстве случаев решётки сложны, так как элементарные частицы находятся не только в узлах кристаллической решётки, но и на её гранях или в центре решётки.



а) б) в)

Строение и свойства материалов

- ***Анизотропия.*** (греч. anisos неравный + tropos свойства)

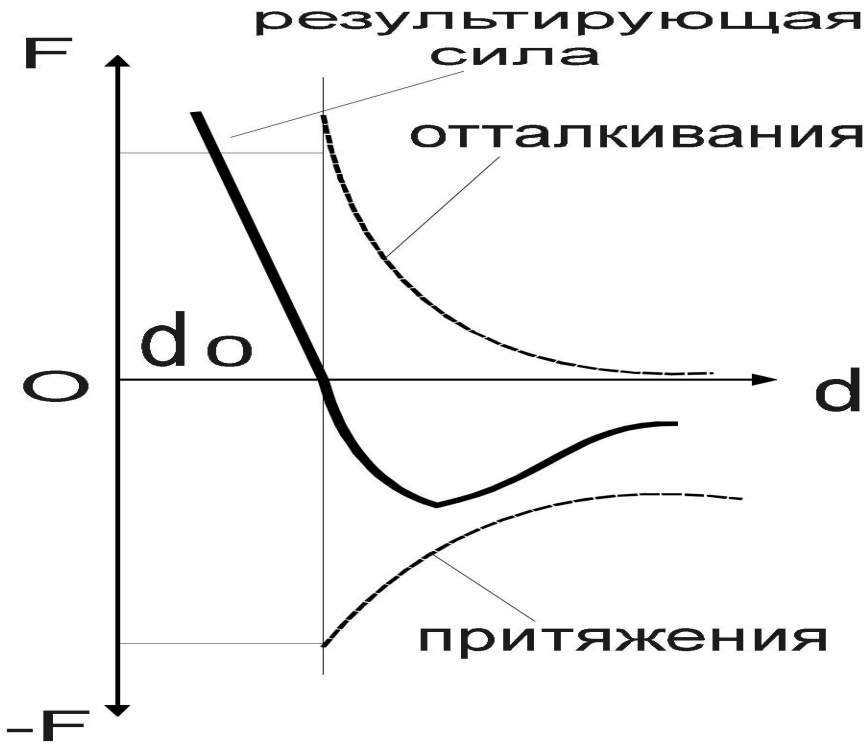
- Это зависимость свойств кристалла от направления, возникающая в результате упорядоченного расположения атомов (ионов, молекул) в пространстве. В кристалле расстояния между атомами в различных кристаллографических направлениях различны, а поэтому различны и свойства. Прочность и пластичность *монокристалла* изменяется в зависимости от направления. В природных условиях кристаллические тела – *поликристаллы*, т.е. состоят из множества мелких различно ориентированных кристаллов. В связи с этим поликристаллические тела считают *мнимоизотропными*. В процессе обработки давлением поликристалла кристаллографические плоскости одного индекса в различных зёрнах могут ориентироваться параллельно. Такие поликристаллы называют *текстурованными*, и они, подобно монокристаллам, анизотропны

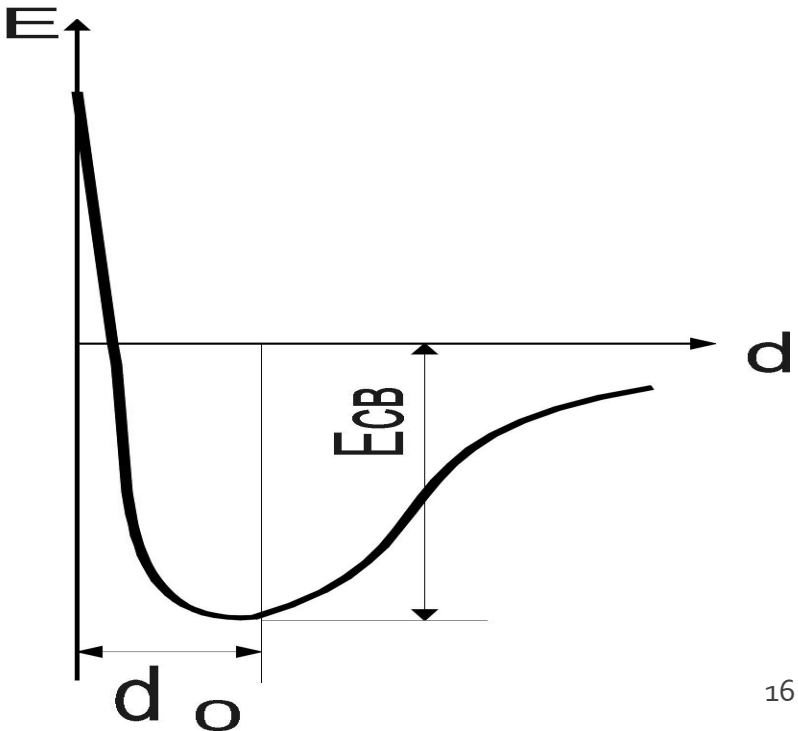
Влияния типа связи на структуру и свойства кристаллов

- Тип связи возникающий между элементарными частицами в кристалле, определяется *электронным строением атомов*, вступающих во взаимодействие. Элементарные частицы в кристалле сближаются на определённое расстояние, которое определяется взаимодействием сил, действующих в кристалле. *Силы притяжения* возникают благодаря взаимодействию электронов с положительно заряженным ядром собственного атома, а также с положительно заряженными ядрами соседних атомов. *Силы отталкивания* возникают в результате взаимодействия положительно заряженных ядер соседних атомов при их сближении. Они проявляются при сильном сближении и растут интенсивнее, чем силы притяжения.

Влияния типа связи на структуру и свойства кристаллов

Уравновешивание сил происходит при сближении атомов на расстояние $\mathbf{d_o}$. Этому сближению соответствует максимум <u>энергии связи</u> $\mathbf{E_{св}}$, что делает кристалл <u>*термодинамически стабильным*</u>.





Влияния типа связи на структуру и свойства кристаллов

- **$E_{св}$** определяет: *температуру плавления, испарения, модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения.*
- Все кристаллы по характеру <u>превалирующей связи</u> подразделяют:
- Молекулярные.
- Ковалентные.
- Металлические.
- Ионные.

Фазовый состав сплавов

Преимущественное использование в промышленности находят не чистые металлы или неметаллы, а сплавы металлов с металлами или неметаллами.

В сплавах элементы могут различно взаимодействовать между собой, образуя различные *по химическому составу, типу связи и строению* *кристаллические фазы.*

Фазой *называется однородная обособленная часть металла или сплава, имеющая одинаковые состав, строение и свойства.*

Эти кристаллы в зависимости от атомно-кристаллической структуры принято делить на три основных вида:

- твердые растворы;
- механические смеси; - (промежуточные фазы)
- химические соединения.- (промежуточные фазы)

Фазовый состав сплавов

- Твёрдыми растворами называют кристаллы, в которых сохраняется кристаллическая решётка одного элемента растворителя.
- В промежуточных фазах образуется новый тип кристаллической решётки, отличающийся от решёток элементов, его образующих.

- *Таким образом, помимо классификации кристаллов по видам связи, используют классификацию по типам кристаллической решётки. Такая классификация позволяет прогнозировать характер изменения свойств сплава в функции состава.*

Твёрдые растворы

- Такие растворы являются кристаллическими фазами переменного состава. Они могут быть *неограниченной растворимости* для твёрдых растворов *замещения* и *ограниченной растворимости* для твёрдых растворов *замещения* и *внедрения.*
- *Твёрдые растворы замещения.*
- Отличие в атомных радиусах компонентов не более чем на **15%** (размерный фактор).
- Образование твёрдых растворов всегда сопровождается - увеличением электрического сопротивления; твёрдые растворы менее пластичны; более твёрдые и прочные, чем чистые металлы.
- Неограниченная растворимость наблюдается при соблюдении размерного фактора и если элементы имеют одинаковый тип кристаллической решётки. Например: сплав меди с золотом, меди с никелем.

Твёрдые растворы

- Многие твёрдые растворы замещения при относительно невысоких температурах способны находиться в *упорядоченном состоянии*.
- «Сверхструктура» - упорядоченный твёрдый раствор. Переход из неупорядоченного в упорядоченное состояние происходит при определенной температуре или в определённом интервале температур. *Температура, при которой твёрдый раствор полностью разупорядочивается, называется точкой Курнакова и обозначается* $\theta_к$.

Твёрдые растворы

- *Твёрдые растворы внедрения*. Такие твёрдые растворы возникают при сплавлении переходных металлов с неметаллами, имеющими малый атомный радиус – **H, N, C, B**.
- Твёрдые растворы внедрения всегда имеют ограниченную растворимость и встречаются преимущественно тогда, когда растворитель имеет **ГПУ** или **ГЦК** решётки.
- По мере увеличения концентрации растворённого элемента в твёрдом растворе заметно возрастают электрическое сопротивление, коэрцитивная сила, твёрдость и прочность, но заметно понижаются пластичность и вязкость.

- **Заключение**: твёрдые растворы составляют основу большинства промышленных конструкционных сплавов и сплавов специального назначения. Они отличаются хорошей технологической пластичностью: хорошо деформируются в горячем состоянии, а многие и в холодном состоянии.

Изотропия

- Свойства тела зависят от природы атомов, из которых оно состоит, и от силы взаимодействия между этими атомами. Силы взаимодействия между атомами в значительной степени определяются расстояниями между ними. В аморфных телах с хаотическим располохением атомов в пространстве расстояния между атомами в различных направлениях равны, следовательно, свойства будут одинаковые, то есть аморфные тела *изотропны*

Анизотропия

- В кристаллических телах атомы правильно располагаются в пространстве, причем по разным направлениям расстояния между атомами неодинаковы, что предопределяет существенные различия в силах взаимодействия между ними и, в конечном результате, разные свойства. Зависимость свойств от направления называется *анизотропией*

Аллотропия

- Способность некоторых металлов существовать в различных кристаллических формах в зависимости от внешних условий (давление, температура) называется *аллотропией или полиморфизмом.*
- Каждый вид решетки представляет собой *аллотропическое видоизменение* или *модификацию.*

Общая теория сплавов. Диаграмма состояния

- Под сплавом понимают вещество, полученное сплавлением двух или более элементов. Возможны другие способы приготовления сплавов: спекания, электролиз, возгонка. В этом случае вещества называются псевдосплавами.
- Сплав, приготовленный преимущественно из металлических элементов и обладающий металлическими свойствами, называется металлическим сплавом. Сплавы обладают более разнообразным комплексом свойств, которые изменяются в зависимости от состава и метода обработки.

Основные понятия в теории сплавов.

- *Система* – группа тел выделяемых для наблюдения и изучения.
- В металловедении системами являются металлы и металлические сплавы. Чистый металл является простой однокомпонентной системой, сплав – сложной системой, состоящей из двух и более компонентов.
- *Компоненты* – вещества, образующие систему. В качестве компонентов выступают чистые вещества и химические соединения, если они не диссоциируют на составные части в исследуемом интервале температур.
- *Фаза* – однородная часть системы, отделенная от других частей системы поверхностного раздела, при переходе через которую структура и свойства резко меняются.
- *Вариантность* (С) (число степеней свободы) – это число внутренних и внешних факторов (температура, давление, концентрация), которые можно изменять без изменения количества фаз в системе.
- Если вариантность С = 1 (моновариантная система), то возможно изменение одного из факторов в некоторых пределах, без изменения числа фаз.
- Если вариантность С = 0 (нонвариантная система), то внешние факторы изменять нельзя без изменения числа фаз в оистеме

Основные понятия в теории сплавов.

- Существует математическая связь между числом компонентов (К), числом фаз (Ф) и вариантностью системы (С). Это *правило фаз* или *закон Гиббса*

$$C = K - \Phi + 2$$

Если принять, что все превращения происходят при постоянном давлении, то число переменных уменьшится

$$C = K - \Phi + 1$$

- где: С – число степеней свободы, К – число компонентов, Ф – число фаз, 1 – учитывает возможность изменения температуры.

Правило фаз даёт возможность:

•предсказать и проверить процессы, происходящие в сплавах при нагреве и охлаждении;

•оно показывает, происходит ли процесс кристаллизации при постоянной температуре или в интервале температур;

•указывает, какое число фаз может одновременно существовать в системе.

Основные понятия в теории сплавов.

- Так как диаграммы состояния обычно строятся при постоянном (атмосферном) давлении, то правило фаз выражается следующим уравнением:

$$\mathbf{C = K + 1 - \Phi}$$

где **К** – число компонентов в системе; **Ф** – число фаз; **С** – число степеней свободы(или вариантность системы). Число степеней свободы – это число независимых переменных внутренних (состав фаз) и внешних (температура, давление) факторов, которые можно изменять без изменения числа фаз, находящихся в равновесии.

Характер взаимодействия компонентов

- **В зависимости от характера взаимодействия компонентов различают сплавы:**
- механические смеси;
- химические соединения;
- твердые растворы.

Характер взаимодействия компонентов

- Сплавы *механические смеси* образуются, когда компоненты не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединения.
- Образуются между элементами значительно различающимися по строению и свойствам, когда сила взаимодействия между однородными атомами больше чем между разнородными. Сплав состоит из кристаллов входящих в него компонентов

Механическая смесь

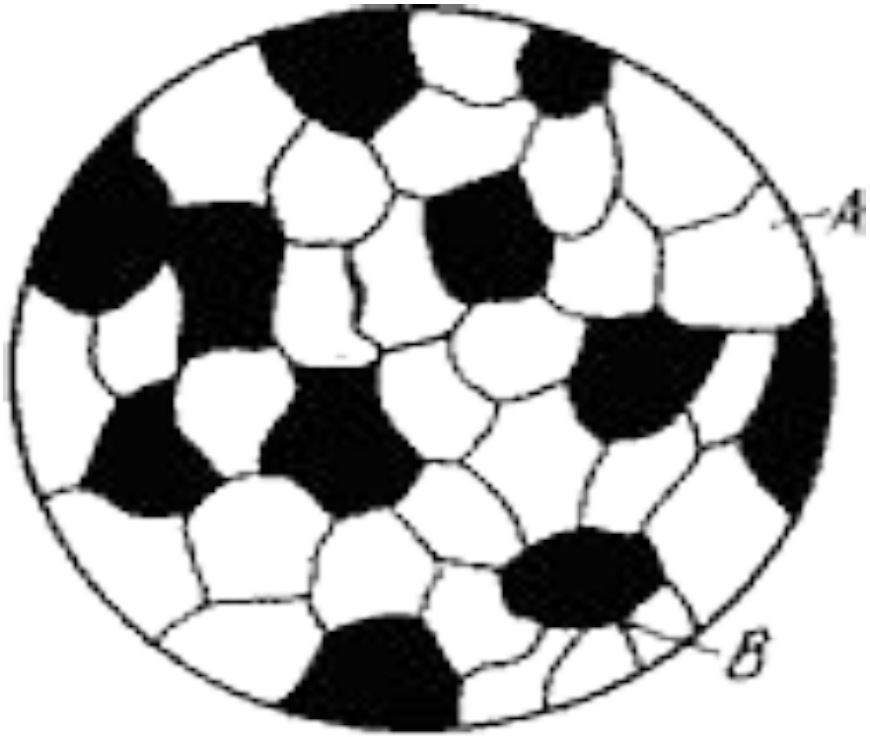
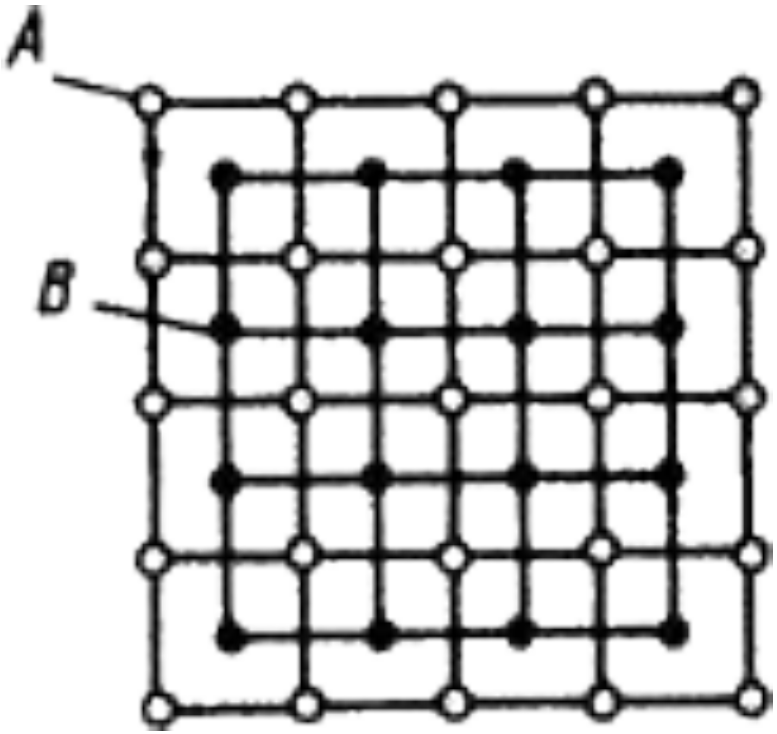


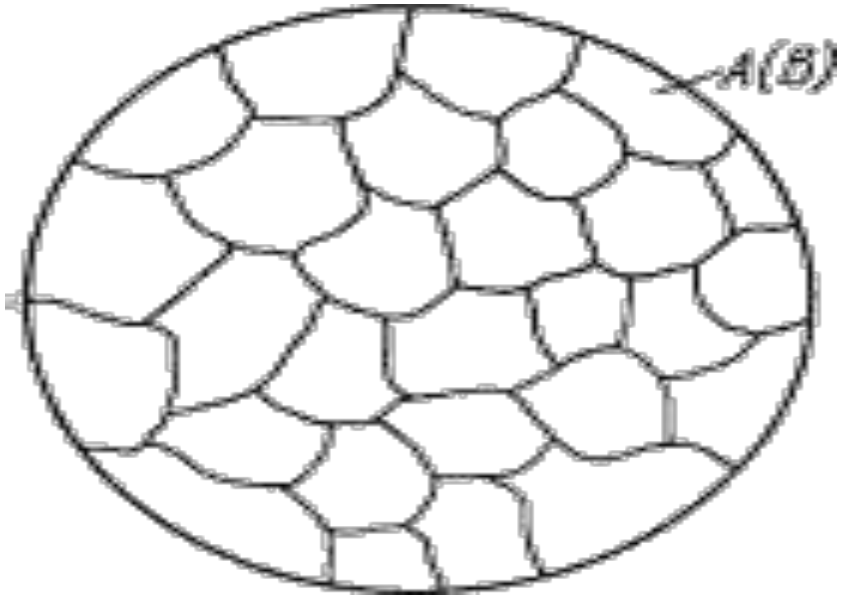
Схема микроструктуры механической смеси

Химическое соединение



Кристаллическая решетка химического соединения

Твердый раствор



Превращение в сплавах системы $Fe – Fe_3C$

- Сплавы состоят из двух и более элементов периодической системы. Элементы образующие сплавы, называют *компонентами.* Свойства сплава зависят от многих факторов, но прежде всего они определяются *составом фаз и их количественным соотношением.* Эти сведения можно получить из анализа диаграмм состояния.
- Зная диаграмму состояния, можно представить полную картину:
- формирования структуры любого сплава;
- определить оптимальную температуру заливки сплава для получения литых деталей;
- оценить жидкотекучесть выбранного сплава и возможность получения химической неоднородности;
- сделать заключение о возможности и условиях обработки давлением;
- определить режим термической обработки, необходимый для данного сплава.

Диаграмма состояния **$Fe – Fe_3C$** характеризует фазовый состав и превращения в системе железо – цементит (**6,67%С**). Особенность диаграммы – наличие на оси составов двух шкал, показывающих содержание углерода и цементита. Превращение в сплавах системы **$Fe – Fe_3C$** происходит как при затвердевании жидкой фазы, так и в твёрдом состоянии. Первичная кристаллизация идёт в интервале температур, определяемых на линиях ликвидус (**АВСД**) и солидус (**AHJECF**). Вторичная кристаллизация вызвана превращением железа одной модификации в другую и переменной растворимостью углерода в аустените и феррите; при понижении температуры эта растворимость уменьшается. Избыток углерода из твёрдых растворов выделяется в виде карбидов (цементита).

Превращение в сплавах системы Fe – Fe_3C

Превращение в сплавах системы **Fe – Fe_3C** происходит как при затвердевании жидкой фазы, так и в твёрдом состоянии. Первичная кристаллизация идёт в интервале температур, определяемых на линиях <u>ликвидус</u> (**АВСД**) и <u>солидус</u> (**AHJECF**). Вторичная кристаллизация вызвана превращением железа одной модификации в другую и переменной растворимостью углерода в аустените и феррите; при понижении температуры эта растворимость уменьшается. Избыток углерода из твёрдых растворов выделяется в виде карбидов (цементита).

В системе **Fe – Fe_3C** происходят <u>три изотермических</u> превращения:

- *перитектическое* превращение на линии **HJB (1499°C)**
- $Ф_H + Ж_B \rightarrow A_J$
- *эвтектическое* превращение на линии **ECF (1147°)**
- $Ж_C \rightarrow A_E + Ц$
- *эвтектоидное* превращение на линии **PSK (727°C)**
- $A_S \rightarrow Ф_P + Ц$

Компоненты и фазы в сплавах Fe - С.

- *Компоненты и фазы в сплавах **Fe** - **С**.* Железо и углерод – элементы *полиморфные.*
-
- Железо с температурой плавления **1539°С** имеет модификации – α и γ. Модификация **Fe_{α}** существует при температурах до **911°С** и от **1392°С** до **1539°С**, имеет ОЦК решётку. Важной особенностью **Fe_{α}** является его *феррамагнетизм* ниже температуры **768°С**, называемой *точкой Кюри.*
- Модификация **Fe_{γ}** в интервале температур от **911** до **1392°С** и имеет ГЦК решётку. ГЦК решётка более компактна, чем ОЦК решётка. В связи с этим при переходе **Fe_{α}** в **Fe_{γ}** объём железа уменьшается приблизительно на **1%**. **Fe_{γ}** – *парамагнитно*.
-
- Углерод существует в двух модификациях: *графита* и *алмаза*. При нормальных условиях стабилен *графит*, при высоких давлениях и температурах стабильным становится *алмаз*.

Характерные точки и линии диаграммы состояния Fe – Fe_3C

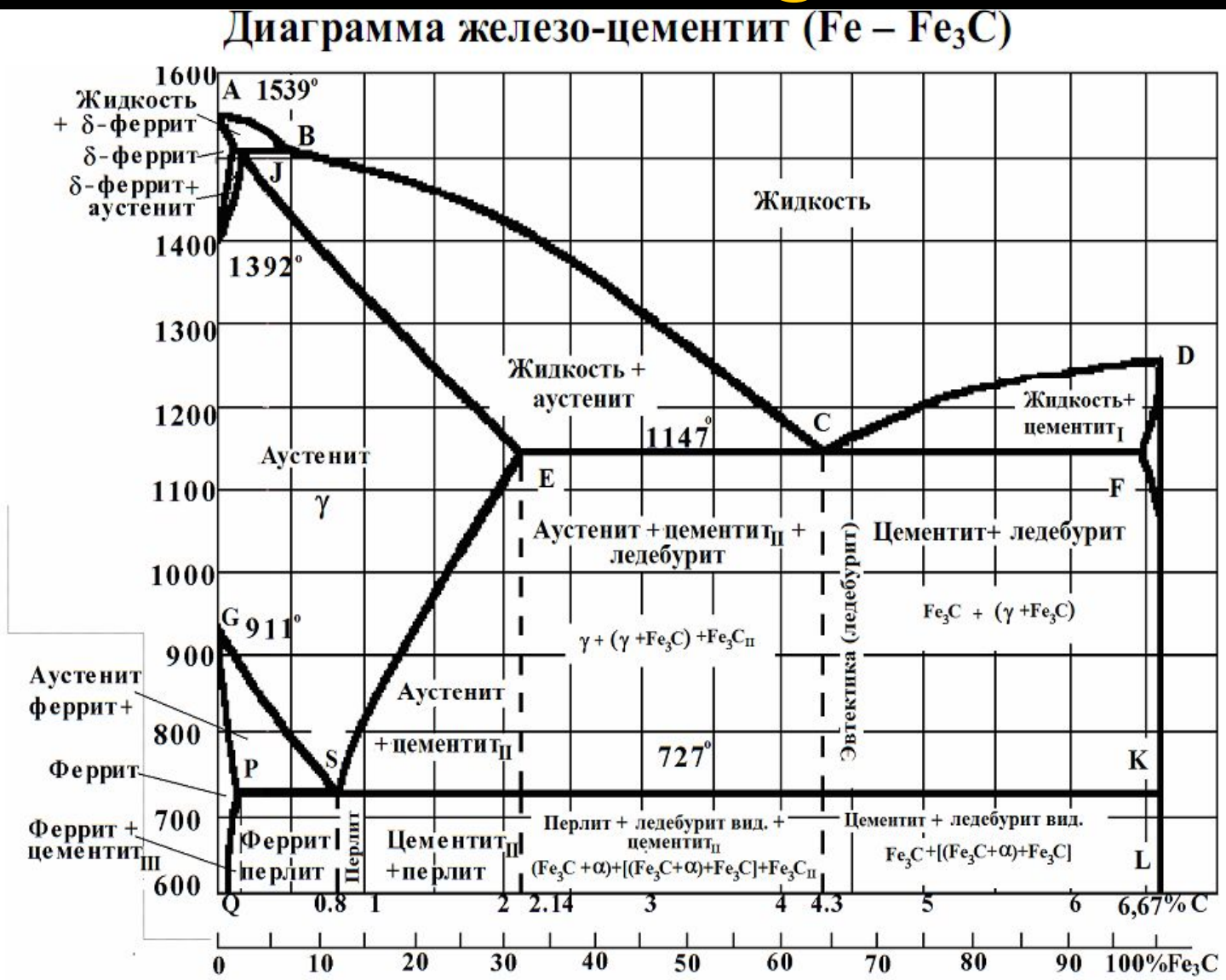
Обозначение точки и линии на диаграмме	Температура, °С	Концентрация углерода, %	Характеристика линии
1	**2**	**3**	**4**
A	1539	0	
ABCD			ликвидус – начало кристаллизации
AHJECF			солидус – конец кристаллизации
H	1499	0,1	
J	1499	0,16	
B	1499	0,51	
N	1392	0	
NH и $\mathbf{A_4}$			Линии полиморфного превращения
D	1260	6,67	
E	1147	2,14	

Характерные точки и линии диаграммы состояния Fe – Fe_3C

1	2	3	4
C	1147	4,3	
F	1147	6,67	
ECF	1147		Линия эвтектического превраще-ния
G	911	0	
GP и GS – $\mathbf{A_3}$			Линии полиморфного превращения
ES и PQ			Линии ограниченной растворимос-ти углерода в аустените и феррите соответственно
PSK	727		Линия эвтектойдного превращения
P	727	0,025	
S	727	0,8	
K	727	6,67	
Q	400	0,008	Растворимость углерода в феррите при комнатной температуре
DFKL		6,67	Линия показывает, что $\mathbf{Fe_3C}$ имеет постоянную концентрацию при любой температуре

ПРИМЕЧАНИЕ: ***цементит, выделяющейся из жидкости, называют <u>первичным</u>;***
цементит, выделяющейся из аустенита, – <u>вторичным</u>;
цементит, выделяющейся из феррита, - <u>третичным</u>.

Диаграмма железо-цементит (Fe – Fe3C)



Фазы в диаграмме (Fe – Fe3C)

В системе железо - углерод различают следующие фазы: жидкий расплав, твердые растворы – α-феррит, δ-феррит и аустенит, а также цементит и графит.

Феррит (Ф) - твердый раствор углерода и других примесей в ОЦК-железе.

Атом углерода располагается в решетке феррита в центре грани куба, где помещается сфера радиусом 0,031 нм, а также в дефектах кристаллической решетки. Предельная растворимость углерода в α-феррите 0,02% при температуре 727 оС и менее 0,01% при комнатной температуре, растворимость в δ –феррите - 0,1 %. Под микроскопом феррит выявляется в виде однородных полиэдрических (многогранных) зерен. Твердость и прочность феррита невысоки (σb=250 МПа, НВ =800 МПа).

Аустенит (А) - твердый раствор углерода и других примесей в γ-железе.

Предельная растворимость углерода в γ-железе - 2,14 % при температуре 1147оС и 0,8% при 727 оС. Атом углерода располагается в центре куба, в котором может разместиться сфера радиусом 0,051 нм, и в дефектных областях кристалла.

Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом - карбид железа Fe3C, содержащий 6,67% С. Цементит имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Температура плавления цементита точно не определена (около I260°С). К характерным особенностям цементита относятся высокая твердость (НВ - 8000 МПа) и очень малая пластичность (δ около 0%).

Графит (Гр) - имеет гексагональную слоистую кристаллическую решетку.

Межатомные расстояния в слоях небольшие (0,142 нм), расстояние между плоскостями - 0,340 нм. Графит мягок, обладает низкой прочностью.

- ***Ледебурит (Л)-*** Сплав с концентрацией **4,3% С** – эвтектический белый чугун, кристаллизуется при эвтектической температуре изотермически с одновременным выделением двух фаз: аустенита состава точки **Е** и цементита. Образующая смесь этих сплавов при **Т = 1147°С** названа Ж → А + Ц.
- ***Перлит (П) -*** При дальнейшем охлаждении концентрация углерода в аустените изменяется по линии **ES** вследствие выделения вторичного цементита и к температуре эвтектойдного превращения принимает значение **0,8%.** При температуре линии PSK аустенит в ледебурите претерпевает эвтектоидное превращение и образуется перлит.

Железоуглеродистые сплавы

- Железоуглеродистые сплавы <u>подразделяют на две группы</u>:
-
- ***стали***, *содержащие до 2,14% С;*
- ***чугуны***, *содержащие более 2,14% С.*

Железоуглеродистые сплавы

Сталь - сплав железа с углеродом при содержании углерода до 2,14%. Кроме того, в состав стали обычно входят марганец, кремний, сера и фосфор, которые попадают в сталь из руды или кокса; некоторые элементы могут быть введены для улучшения физико-химических свойств, специально (легирующие элементы).

Стали

Углеродистые конструкционные стали подразделяются на стали обыкновенного качества и качественные.

Стали обыкновенного качества (ГОСТ380-94) изготавливают следующих марок Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6 (с увеличением номера возрастает содержание углерода, например, Ст4 - углерода 0.18-0.27%, марганца 0.4-0.7%).

Стали обыкновенного качества, особенно кипящие, наиболее дешевые. Стали отливают в крупные слитки, вследствие чего в них развита ликвация и они содержат сравнительно большое количество неметаллических включений. С повышением условного номера марки стали возрастает предел прочности ($\sigma в$) и текучести ($\sigma 0.2$) и снижается пластичность (δ, ψ). Например, Ст3сп имеет $\sigma в$=380÷490МПа, $\sigma 0.2$=210÷250МПа, δ=25÷22%.

Из сталей обыкновенного качества изготовляют прокат: балки, швеллеры, уголки, прутки, а также листы, трубы. Эти стали широко применяют в строительстве для сварных конструкций.

С повышением содержания в стали углерода свариваемость ухудшается. Поэтому стали Ст5 и Ст6, с более высоким содержанием углерода, применяют для элементов строительных конструкций, не подвергаемых сварке.

Стали

Качественные углеродистые стали (ГОСТ1050-88) маркируют цифрами 08, 10, 15,..., 85, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.
Низкоуглеродистые стали (С<0.25%) 05кп, 08, 07кп, 10, 10кп обладают низкой прочностью и высокой пластичностью. σв=330÷340МПа, σ0.2=230÷280МПа, δ=33÷31%. Высокая пластичность этих сталей позволяет изготавливать изделия штамповкой вытяжкой (детали кузовов автомобилей, металлическая посуда и т.д.).
Стали без термической обработки используют для малонагруженных деталей, ответственных сварных конструкций, а также для деталей машин, упрочняемых цементацией.

Стали

Среднеуглеродистые стали (0.3-0.5% С) 30, 35,..., 55 применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки для самых разнообразных деталей во всех отраслях промышленности. Эти стали, по сравнению с низкоуглеродистыми, имеют более высокую прочность при более низкой пластичности (σв=500÷600МПа, σ0.2=300÷360МПа, δ =21÷16%).

Стали с высоким содержанием углерода (0.6-0.85% С) 60, 65,..., 85 обладают высокой прочностью, износостойкостью и упругими свойствами. Из этих сталей изготавливают пружины и рессоры, шпиндели, замковые шайбы, прокатные валки и т.д.

Стали

Легированные конструкционные стали (ГОСТ4543-71) применяют в тех случаях, когда выигрыш от повышения нагрузочной способности детали машины превышает повышение стоимости материала. Естественно, чем больше легирующих элементов содержит сталь, чем они дороже, тем дороже и сама сталь. Поэтому наиболее широкое применение в строительстве получили низколегированные стали, а в машиностроении - легированные стали.

Легированные конструкционные стали маркируют цифрами и буквами.

Двухзначные цифры, приводимые в начале марки, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент. Пример, сталь 12Х2Н4А содержит 0.12% C, 2% Cr, 4% Ni и относится к высококачественным, на что указывает в конце марки буква "А".

Стали

Причем для обозначения легирующих элементов в марках легированных сталей приняты следующие условные сокращения:
А – азот К – кобальт Т – титан Б – ниобий М – молибден Ф- ванадий В – вольфрам Н – никель Х – хром Г – марганец
П – фосфор Ц – цирконий Д – медь Р – бор Ю – алюминий Е – селен С – кремний Ч – редкоземельные металлы

Цифра после буквы , обозначающей легирующий элемент, указывает на содержание этого элемента в процентах. Если цифры нет, то сталь содержит 0,8-1,5% легирующего элемента, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в сталях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой Р его должно быть не менее 0,001%).

Чугун

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода (но до 6,67%).

В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают: белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида, и серый чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита.

Белый чугун чрезвычайно тверд, но очень хрупок, и в качестве конструкционного материала практически не применяется, а используется как сырьё при получении стали. Серые чугуны подразделяется на:

1) серые – с пластинчатой или червеобразной формой графитовых включений;

2) высокопрочные - шаровидный графит;

3)ковкие - хлопьевидный графит.

Чугуны маркируют двумя буквами и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления σв при растяжении в Мпа.

Серый чугун обозначают буквами "СЧ" (ГОСТ 1412-85), высокопрочный - "ВЧ" (ГОСТ 7293-85), ковкий - "КЧ" (ГОСТ 1215-85).

СЧ10 - серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

ВЧ70 - высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 700 МПа;

КЧ35 - ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 350 МПа.

Чугун

Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ - антифрикционный чугун: С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий. А цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79. Изделия из чугунов получают методом литья. Из них изготавливаются сложные по форме детали (корпуса двигателей, станины станков, корпуса турбин, насосов, компрессоров, коленчатые валы двигателей, колеса центробежных насосов и т. д.).