



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

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, электронография, 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.

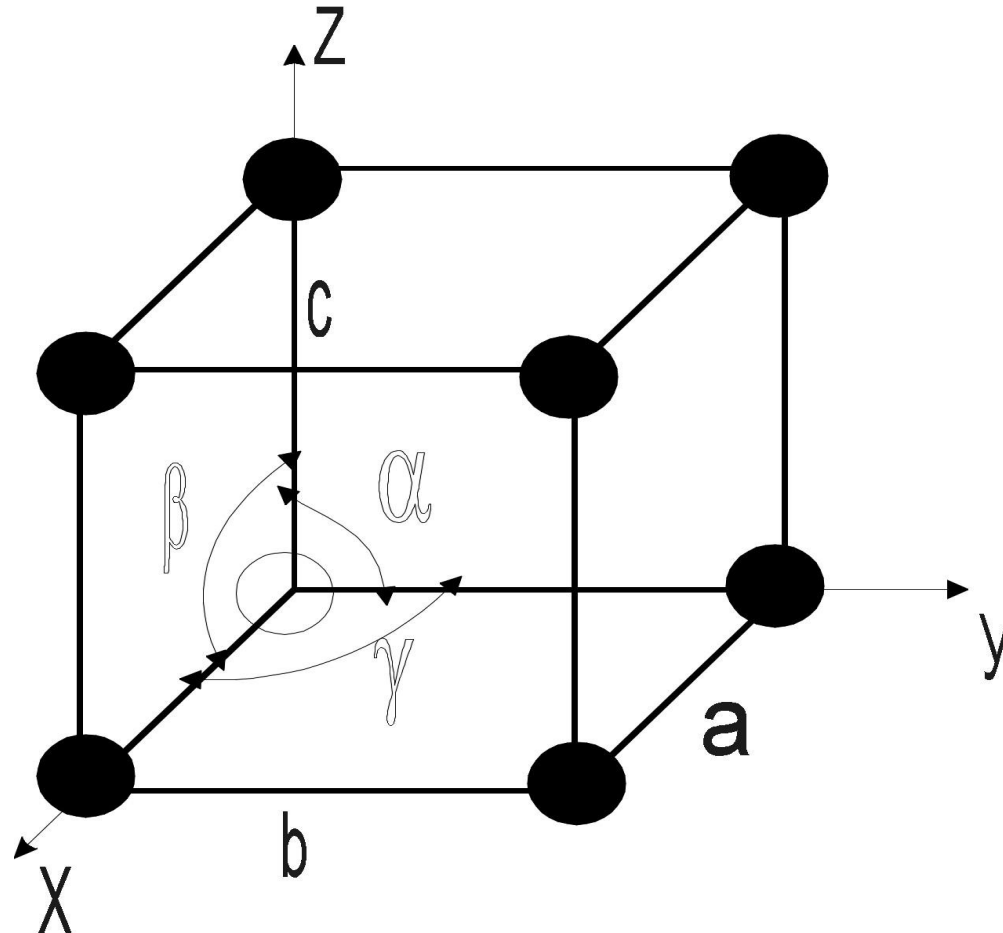
Строение и свойства материалов

- 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



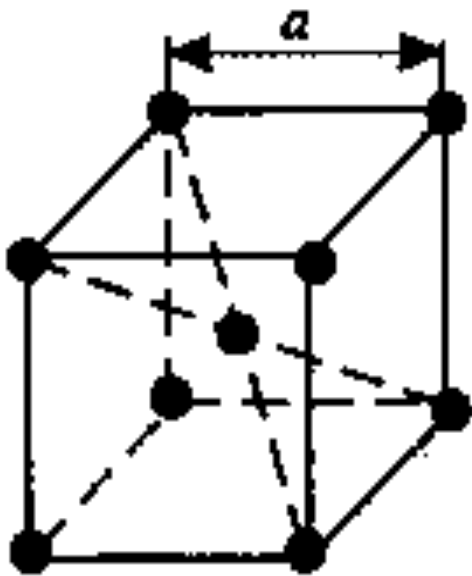
Строение и свойства материалов

Кристаллические системы элементов

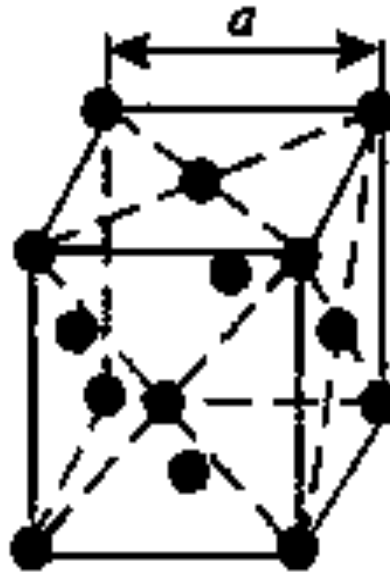
| Система | Период (рёбра) | Углы |
|-----------------|-------------------|--|
| Триклинная | $a \neq b \neq c$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ |
| Моноклинная | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma \neq 90^\circ$ |
| Ромбическая | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma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

Строение и свойства материалов

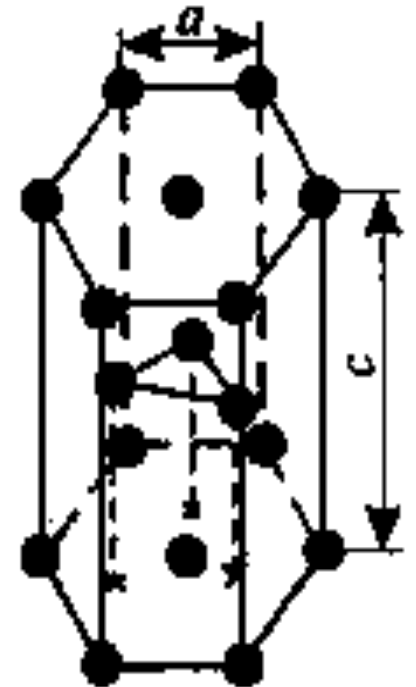
- В большинстве случаев решётки сложны, так как элементарные частицы находятся не только в узлах кристаллической решётки, но и на её гранях или в центре решётки.



а)



б)



в)

Строение и свойства материалов

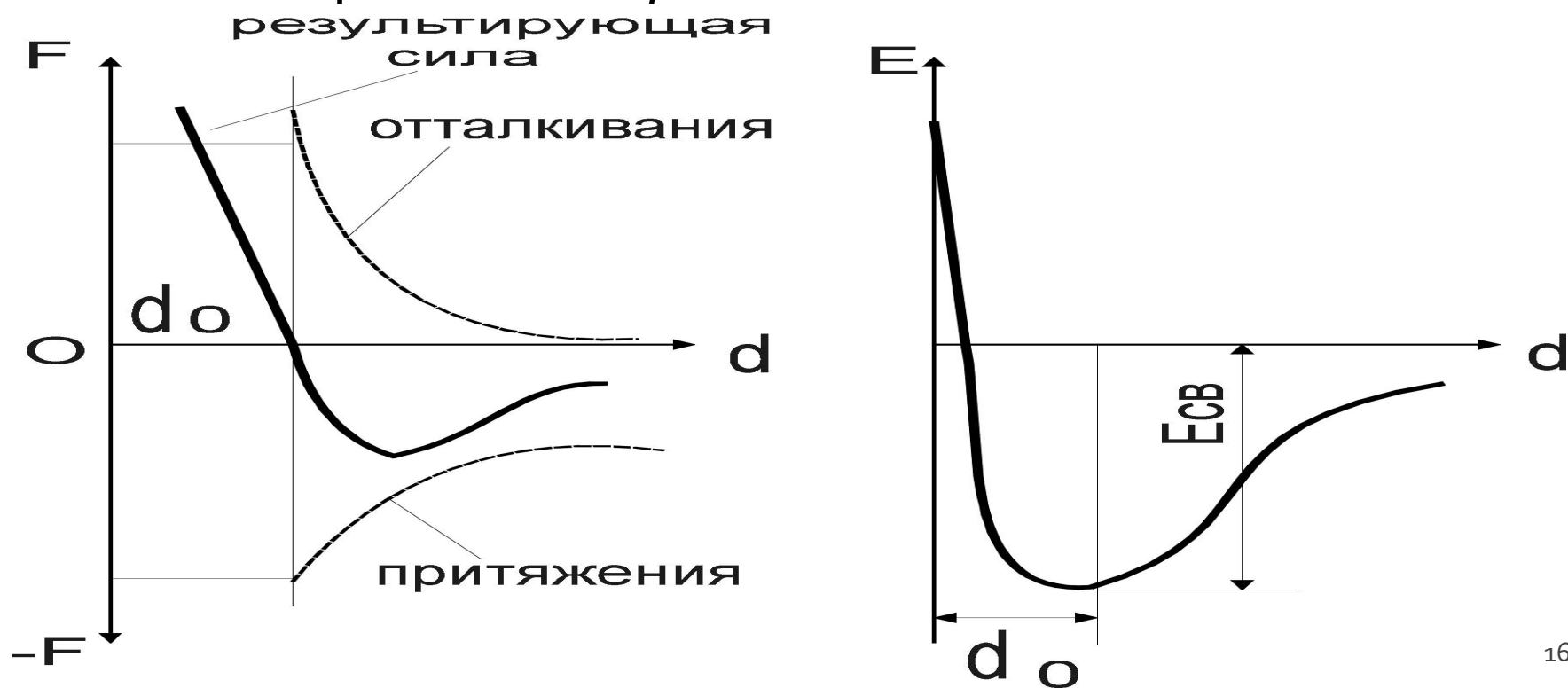
- Анизотропия. (греч. anisos неравный + tropos свойства)
- Это зависимость свойств кристалла от направления, возникающая в результате упорядоченного расположения атомов (ионов, молекул) в пространстве. В кристалле расстояния между атомами в различных кристаллографических направлениях различны, а поэтому 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 d_0 . Этому сближению соответствует максимум энергии связи $E_{св}$, что делает кристалл термодинамически стабильным.



Влияния типа связи на структуру и свойства кристаллов

- $E_{\text{св}}$ определяет: *температуру плавления, испарения, модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения.*
- Все кристаллы по характеру превалирующей связи 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 одинаковый 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 θ_k .*

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 расположением 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* (C) (число степеней свободы) – это число внутренних и внешних факторов (температура, давление, концентрация), которые можно изменять без изменения количества фаз в системе.
- Если вариантность $C = 1$ (моновариантная система), то возможно изменение одного из факторов в некоторых пределах, без изменения числа фаз.
- Если вариантность $C = 0$ (нонвариантная система), то внешние факторы изменять нельзя без изменения числа фаз в системе

Основные понятия в теории сплавов.

- Существует математическая связь между числом компонентов (K), числом фаз (Φ) и вариантностью системы (C). 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: C – число степеней свободы, K – число компонентов, Φ – 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:

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

где K – число компонентов в системе; Φ – число фаз; C – 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

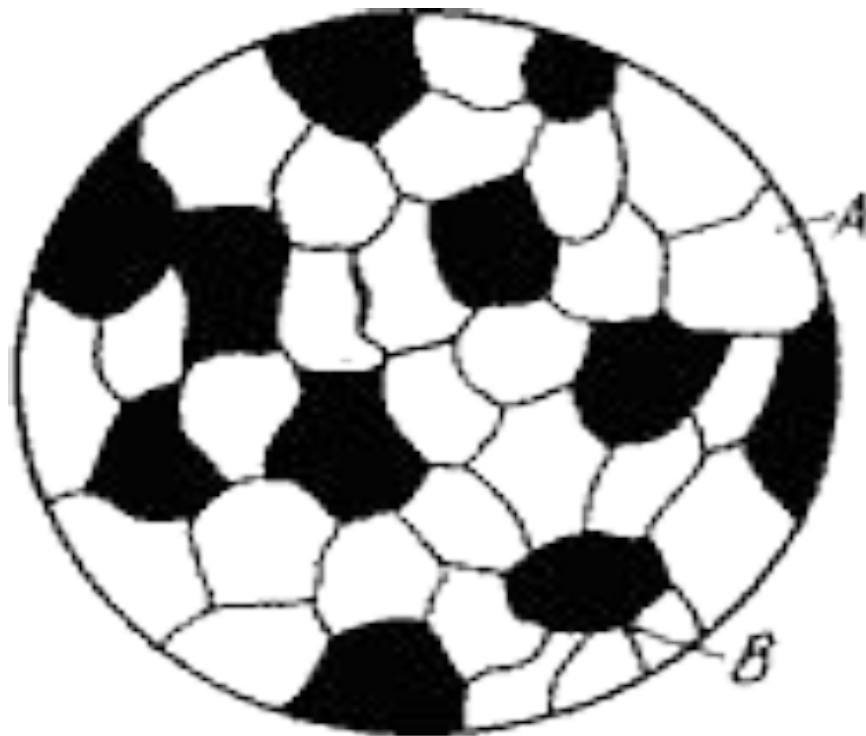
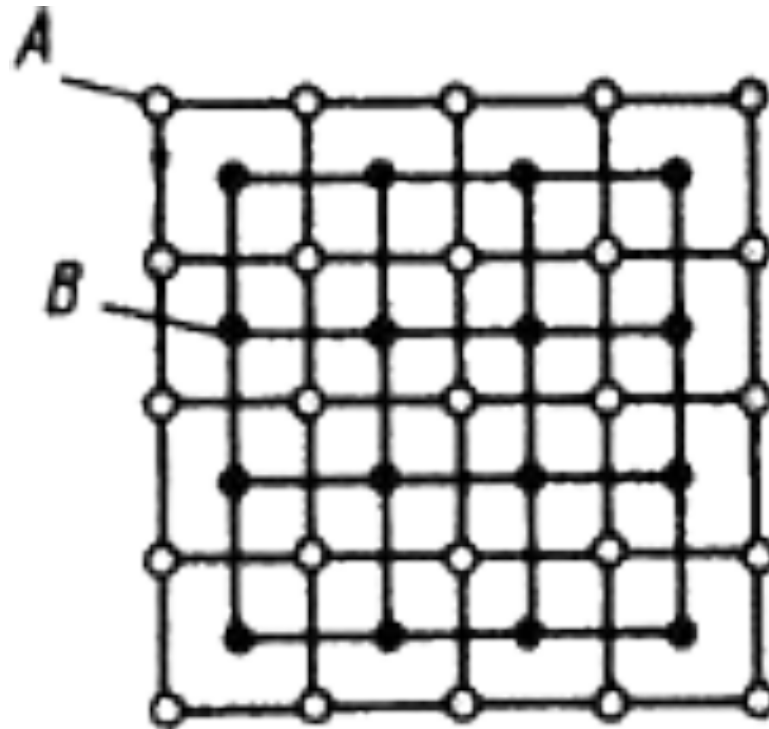


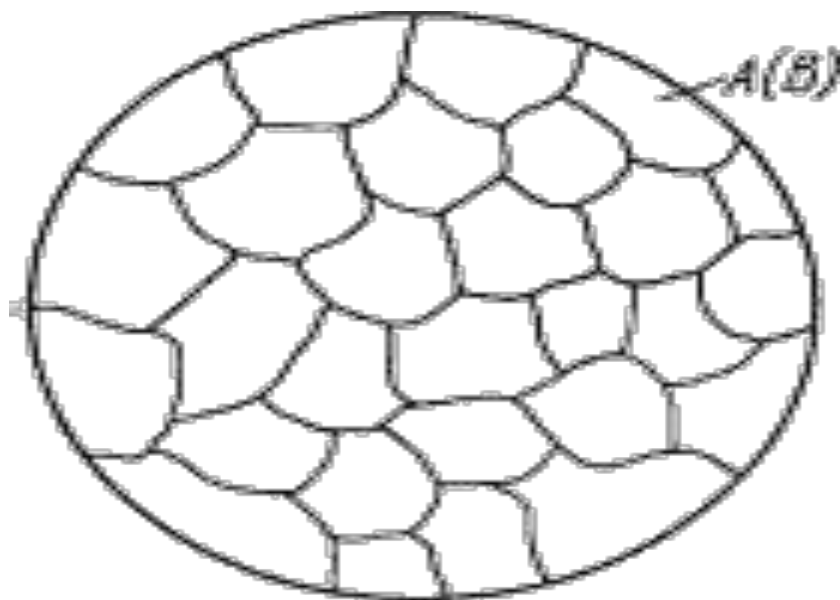
Схема микроструктуры механической смеси

Химическое соединение



Кристаллическая решетка химического соединения

Твердый раствор



Превращение в сплавах системы

Fe – Fe₃C

- 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 – Fe₃C 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 – Fe₃C происходит как при затвердевании жидкой фазы, так и в твёрдом состоянии. Первичная кристаллизация идёт в интервале температур, определяемых на линиях ликвидус (АВСД) и солидус (АНЕСФ). 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 – Fe₃C

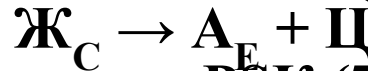
Превращение в сплавах системы Fe – Fe₃C происходит как при затвердевании жидкой фазы, так и в твёрдом состоянии. Первичная кристаллизация идёт в интервале температур, определяемых на линиях ликвидус (АВСД) и солидус (АНЕСС). Вторичная кристаллизация вызвана превращением железа одной модификации в другую 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 – Fe₃C происходят три изотермических превращения:

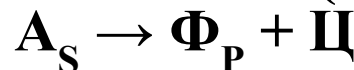
- *перитектическое* превращение на линии **НJB** (1499°C)



- *эвтектическое* превращение на линии **ЕСС** (1147°C)



- *эвтектоидное* превращение на линии **PSK** (727°C)



Компоненты и фазы в сплавах Fe - C.

- Компоненты и фазы в сплавах Fe - C. Железо и углерод – элементы полиморфные.
-
- Железо с температурой плавления 1539°C имеет модификации – α и γ . Модификация Fe_{α} существует при температурах до 911°C и от 1392°C до 1539°C , имеет ОЦК решётку. Важной особенностью Fe_{α} является его ферромагнетизм ниже температуры 768°C , называемой точкой Кюри.
- Модификация Fe_{γ} в интервале температур от 911 до 1392°C 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 – Fe₃C

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

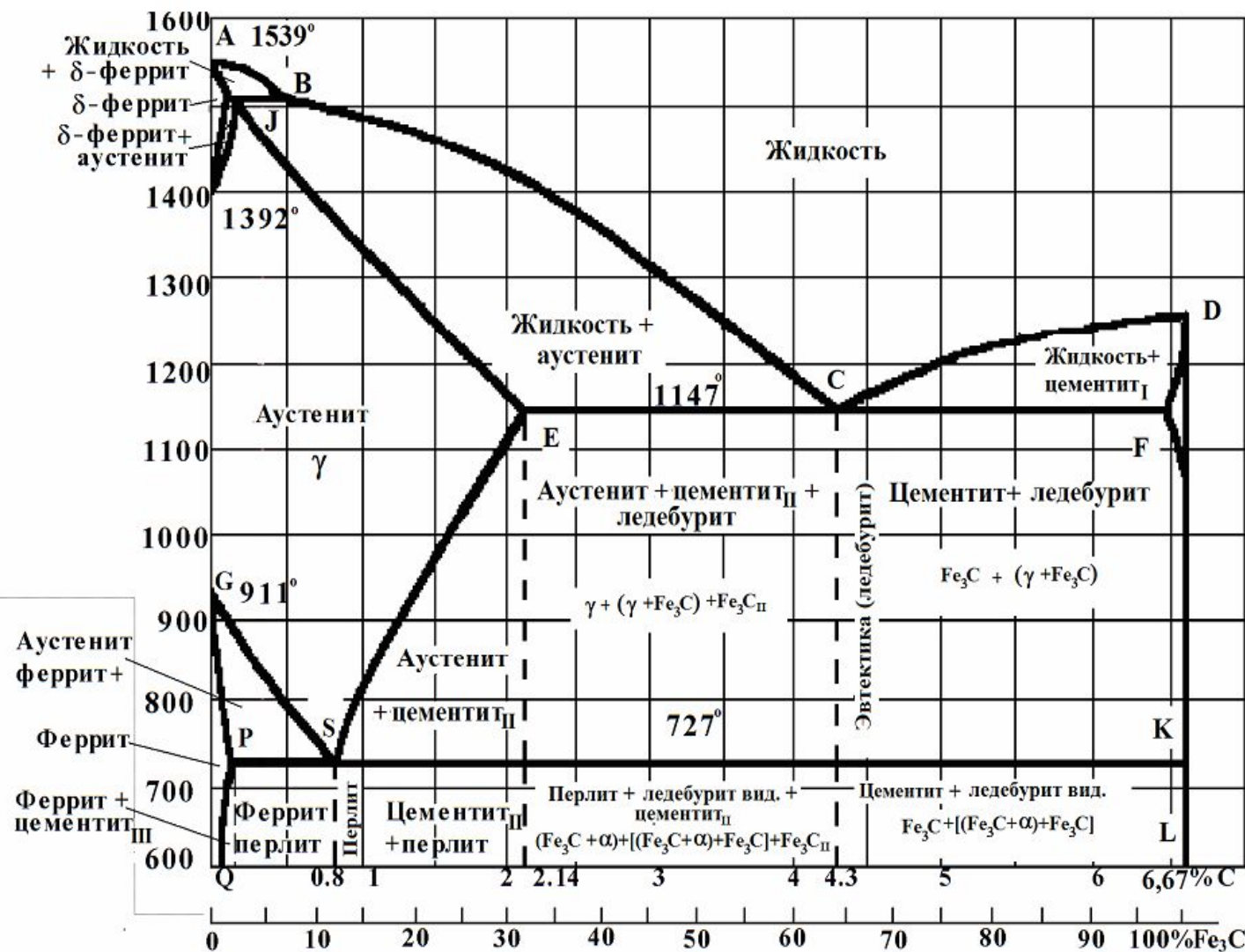
Характерные точки и линии диаграммы состояния Fe – Fe₃C

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|------|-------|---|
| C | 1147 | 4,3 | |
| F | 1147 | 6,67 | |
| ECF | 1147 | | Линия эвтектического превращения |
| G | 911 | 0 | |
| GP и GS – A ₃ | | | Линии полиморфного превращения |
| ES и PQ | | | Линии ограниченной растворимости углерода в аустените и феррите соответственно |
| PSK | 727 | | Линия эвтектоидного 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 Fe ₃ C имеет постоянную концентрацию при любой температуре |

ПРИМЕЧАНИЕ: цементит, выделяющейся из жидкости, называют первичным;
цементит, выделяющейся из аустенита, – вторичным;
цементит, выделяющейся из феррита, - третичным.

Диаграмма железо-цементит (Fe – Fe₃C)

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 ($\sigma_b=250$ 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 1260°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 **T = 1147°C** названа **Ж** → **А + Ц**.
- **Перлит (П)** - При дальнейшем охлаждении концентрация углерода в аустените изменяется по линии **ES** вследствие выделения вторичного цементита и к температуре эвтектоидного превращения принимает значение **0,8%**. При температуре линии **PSK** аустенит в ледебурите претерпевает эвтектоидное превращение и образуется перлит.

Железоуглеродистые сплавы

- Железоуглеродистые сплавы подразделяют на две группы:
- *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 (σ_b) и текучести ($\sigma_{0.2}$) и снижается пластичность (δ, ψ). Например, Ст3сп имеет $\sigma_b=380\div 490$ МПа, $\sigma_{0.2}=210\div 250$ МПа, $\delta=25\div 22\%$.

Из сталей обыкновенного качества изготавливают 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 ($C < 0.25\%$) 05кп, 08, 07кп, 10, 10кп обладают низкой прочностью и высокой пластичностью. $\sigma_{\text{в}} = 330 \div 340 \text{ МПа}$, $\sigma_{0.2} = 230 \div 280 \text{ МПа}$, $\delta = 33 \div 31\%$. 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% C) 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 ($\sigma_{\text{в}}=500\div 600\text{МПа}$, $\sigma_{0.2}=300\div 360\text{МПа}$, $\delta=21\div 16\%$).

Стали с высоким содержанием углерода (0.6-0.85% C) 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% С, 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 σ_b 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.).