



# 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.



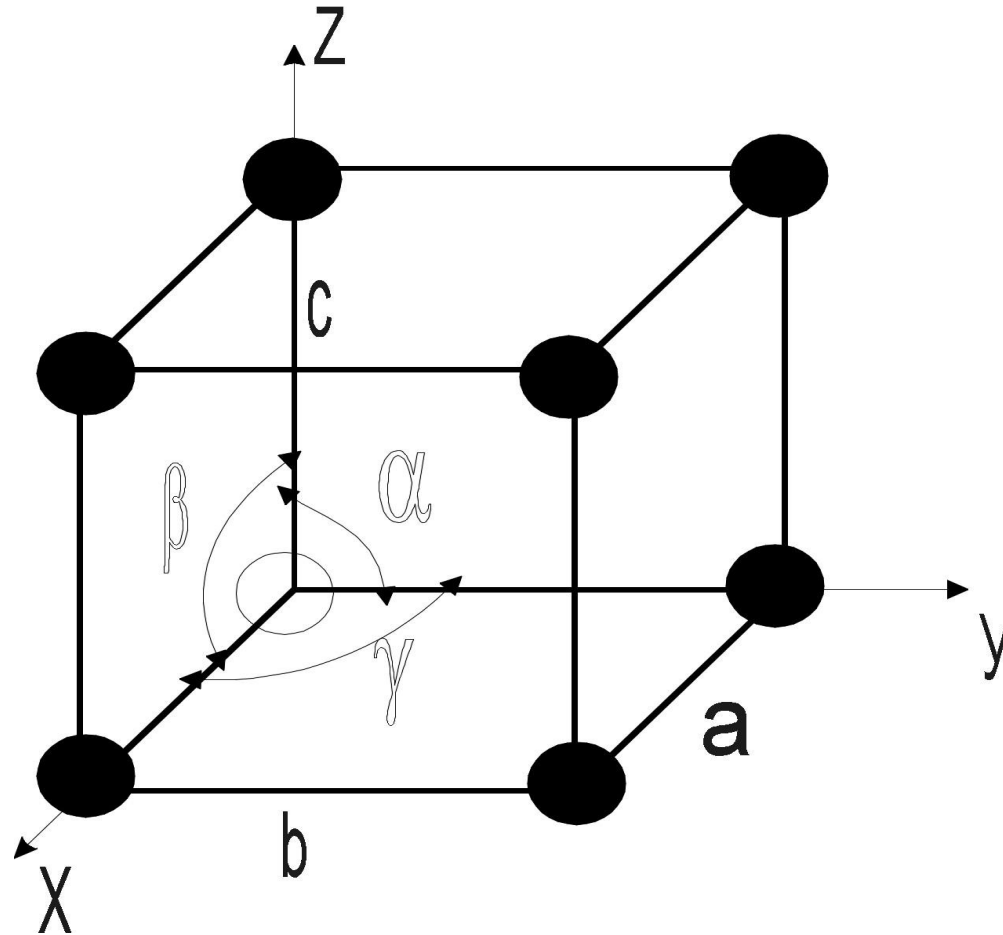
# Строение и свойства материалов

- 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  $\alpha, \beta, \gamma$ . Соотношения между этими величинами определяют форму ячейки. По форме элементарных ячеек все кристаллы подразделяют на семь систем.

# Строение и свойства материалов



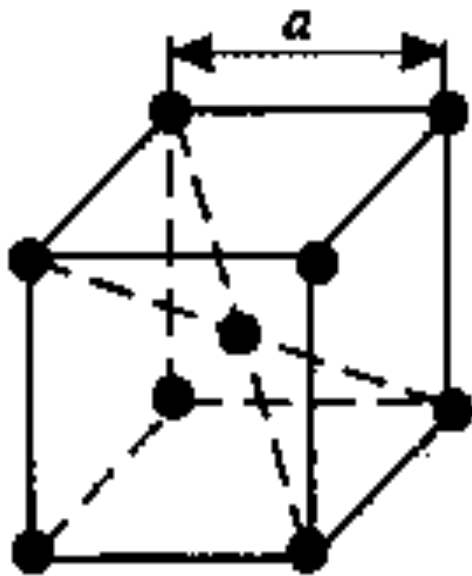
# Строение и свойства материалов

## Кристаллические системы элементов

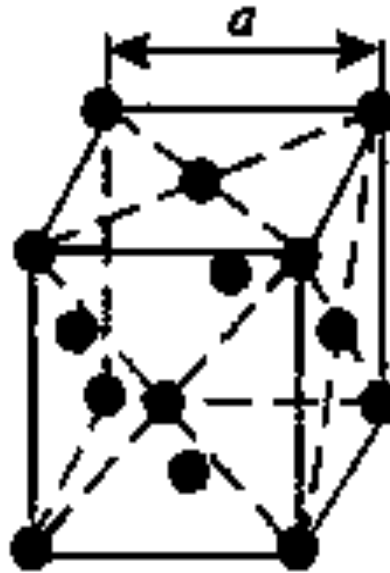
Система	Период (рёбра)	Углы
Триклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$
Моноклиная	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma \neq 90^\circ$
Ромбическая	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Ромбоэдрическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
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

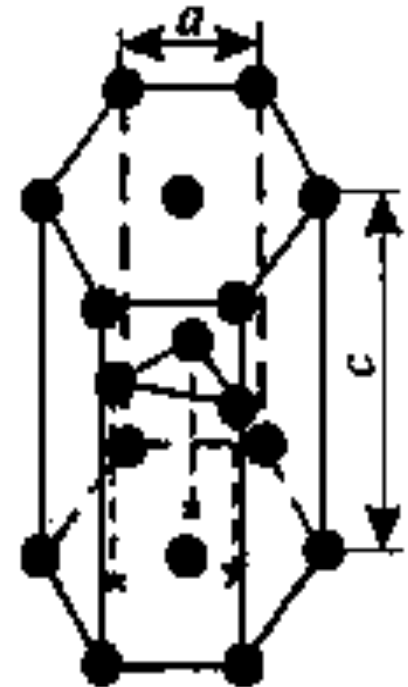
- В большинстве случаев решётки сложны, так как элементарные частицы находятся не только в узлах кристаллической решётки, но и на её гранях или в центре решётки.



а)



б)



в)

# Строение и свойства материалов

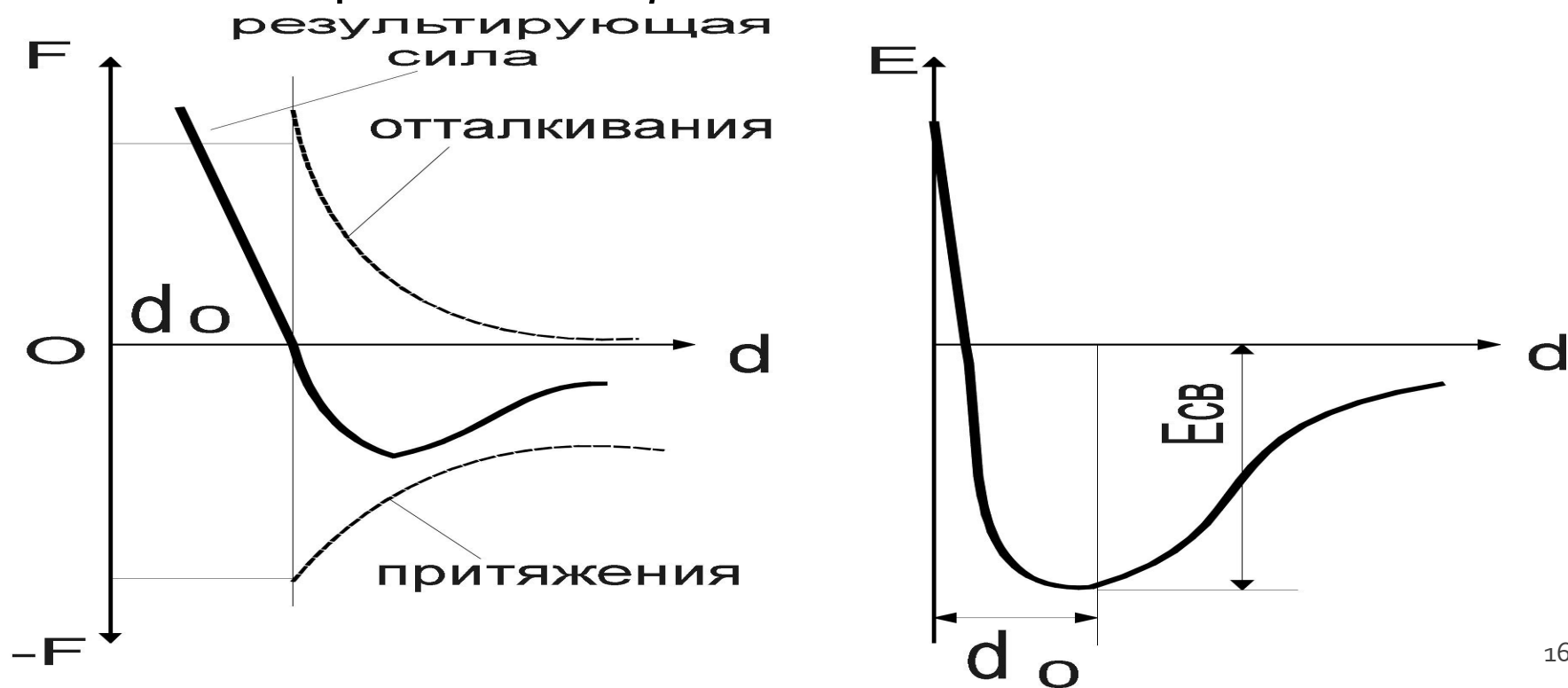
- Анизотропия. (греч. anisos неравный + tropos свойства)
- Это зависимость свойств кристалла от направления, возникающая в результате упорядоченного расположения атомов (ионов, молекул) в пространстве. В кристалле расстояния между атомами в различных кристаллографических направлениях различны, а поэтому 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  $\theta_k$ .*

# 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 ( $\Phi$ ) 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,  $\Phi$  – 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;  $\Phi$  – 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

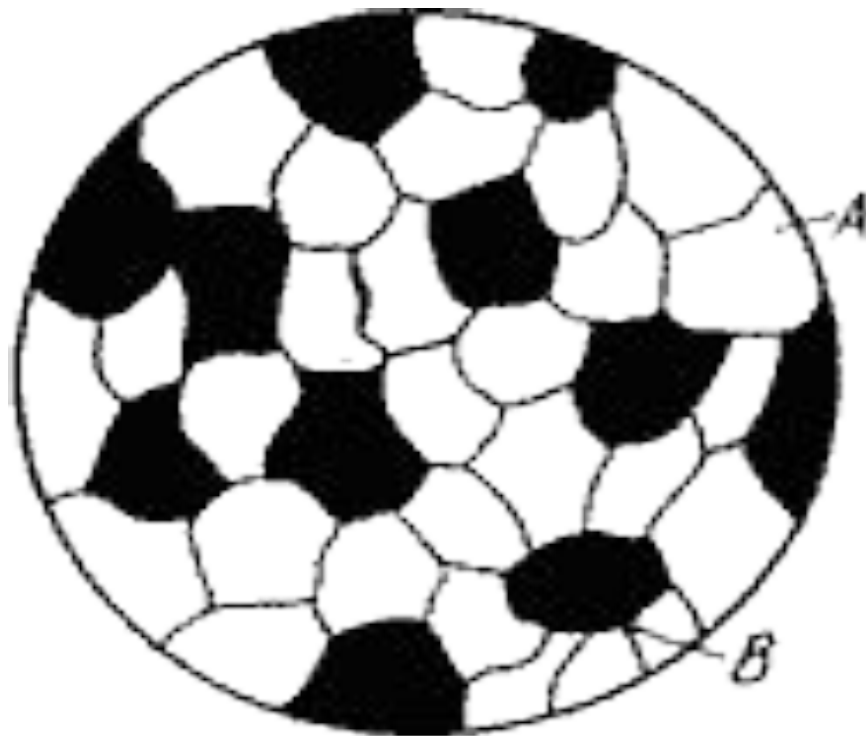
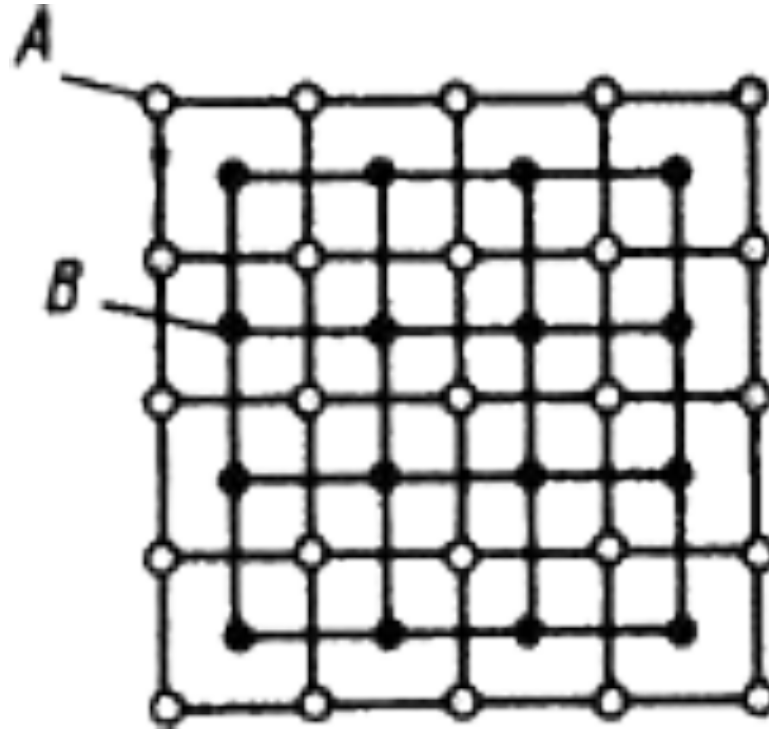


Схема микроструктуры механической смеси

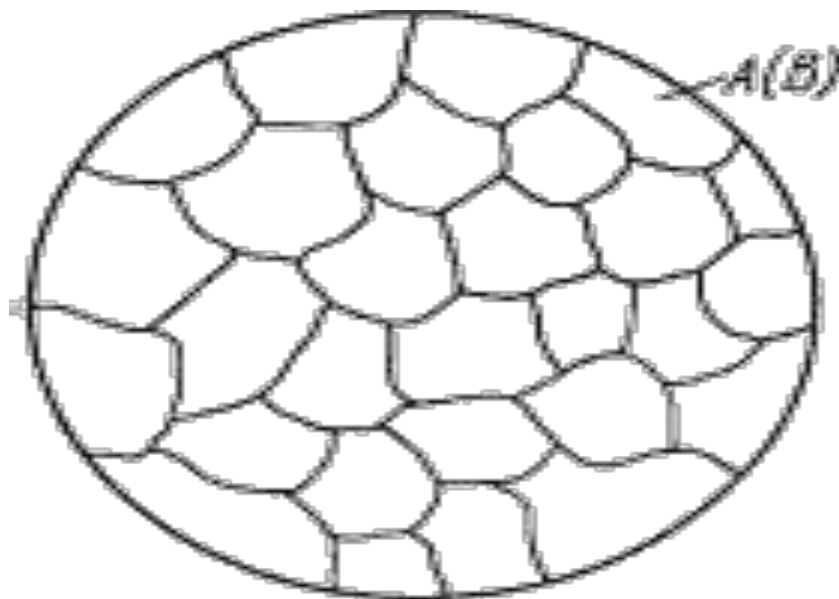


# Химическое соединение



Кристаллическая решетка химического соединения

# Твердый раствор



# Превращение в сплавах системы

## Fe – Fe<sub>3</sub>C

- 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<sub>3</sub>C 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<sub>3</sub>C 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 – Fe<sub>3</sub>C

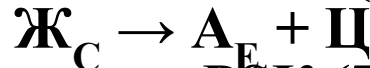
Превращение в сплавах системы Fe – Fe<sub>3</sub>C происходит как при затвердевании жидкой фазы, так и в твёрдом состоянии. Первичная кристаллизация идёт в интервале температур, определяемых на линиях ликвидус (АВСД) и солидус (АНЕСФ). Вторичная кристаллизация вызвана превращением железа одной модификации 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).

В системе Fe – Fe<sub>3</sub>C происходят три изотермических превращения:

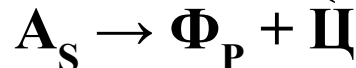
■ *перитектическое* превращение на линии **НJB** (1499°C)



■ *эвтектическое* превращение на линии **ЕСФ** (1147°)



■ *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  $1539^{\circ}\text{C}$  имеет модификации –  $\alpha$  и  $\gamma$ . Модификация  $\text{Fe}_{\alpha}$  существует при температурах до  $911^{\circ}\text{C}$  и от  $1392^{\circ}\text{C}$  до  $1539^{\circ}\text{C}$ , имеет ОЦК решётку. Важной особенностью  $\text{Fe}_{\alpha}$  является его ферромагнетизм ниже температуры  $768^{\circ}\text{C}$ , называемой точкой Кюри.
- Модификация  $\text{Fe}_{\gamma}$  в интервале температур от  $911$  до  $1392^{\circ}\text{C}$  и имеет ГЦК решётку. ГЦК решётка более компактна, чем ОЦК решётка. В связи с этим при переходе  $\text{Fe}_{\alpha}$  в  $\text{Fe}_{\gamma}$  объём железа уменьшается приблизительно на  $1\%$ .  $\text{Fe}_{\gamma}$  – 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<sub>3</sub>C

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 <sub>4</sub>			Линии полиморфного превращения
D	1260	6,67	
E	1147	2,14	

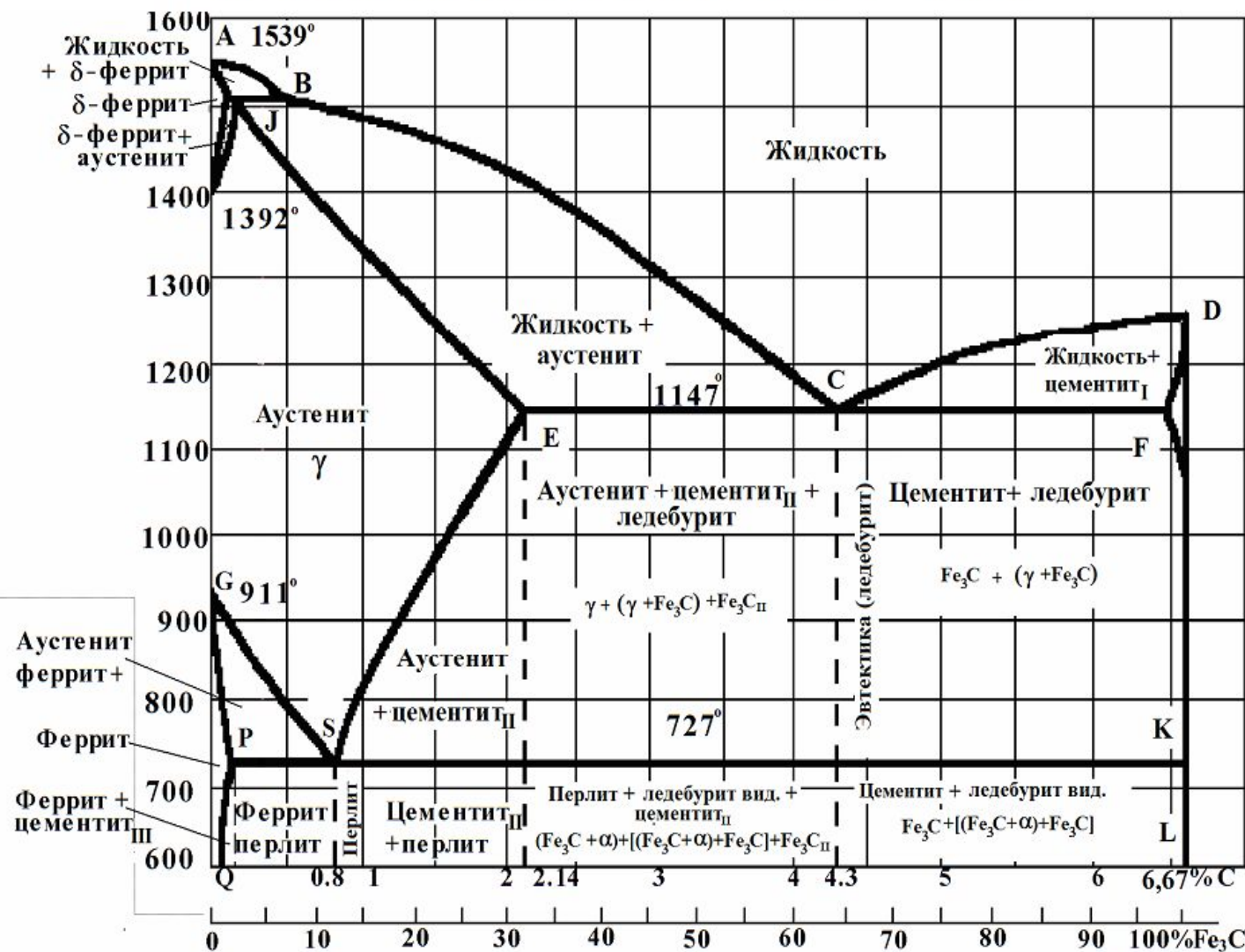
# Характерные точки и линии диаграммы состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C

1	2	3	4
C	1147	4,3	
F	1147	6,67	
ECF	1147		Линия эвтектического превращения
G	911	0	
GP и GS – A <sub>3</sub>			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 <sub>3</sub> 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 – Fe<sub>3</sub>C)

Диаграмма железо-цементит (Fe – Fe<sub>3</sub>C)





# Фазы в диаграмме (Fe – Fe<sub>3</sub>C)

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

Fe<sub>3</sub>C, 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 ( $\sigma_b$ ) и текучести ( $\sigma_{0.2}$ ) и снижается пластичность ( $\delta, \psi$ ). 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  $\sigma_b$  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.).*