



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Строение и основные свойства материалов



Предмет «Материаловедение»

Материаловедение - наука о связи состава, строения и свойств материалов.

Развитие и успехи цивилизации неразрывно связаны с возможностями людей производить и перерабатывать материалы для удовлетворения существующих потребностей. От уровня развития материаловедения зависит *решение важнейших технических проблем, связанных с повышением надежности, работоспособности и точности машин, механизмов и приборов, уменьшением их массы, экономией материалов.*

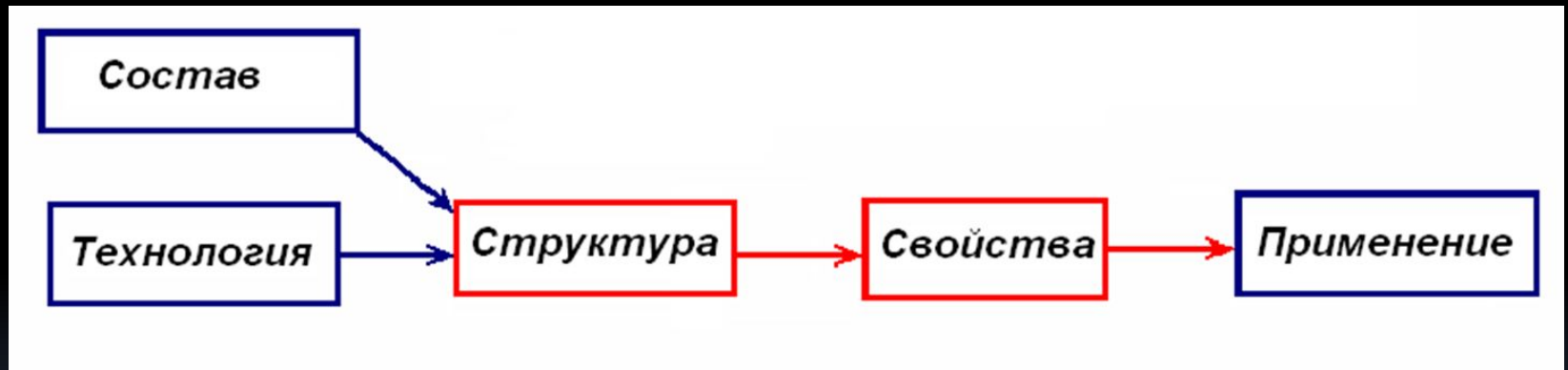
Для технического прогресса важно использовать наряду с *традиционными материалами* (металлическими) *новые материалы* – пластмассы, керамики, материалы порошковой металлургии, особенно композиционные материалы.

Это позволит экономить дефицитные металлы, снизить затраты энергии на производство материалов, уменьшить массу изделий. В последние десятилетия возросла потребность в новых материалах для исследования космоса, развития электроники, атомной энергетики, транспорта.

Расчетами установлено, что замена ряда металлических деталей легкового автомобиля на углепластики из эпоксидной смолы, армированной углеродными волокнами, позволит уменьшить массу машины на 40%; она станет более прочной; уменьшится расход топлива, резко возрастет стойкость против коррозии.

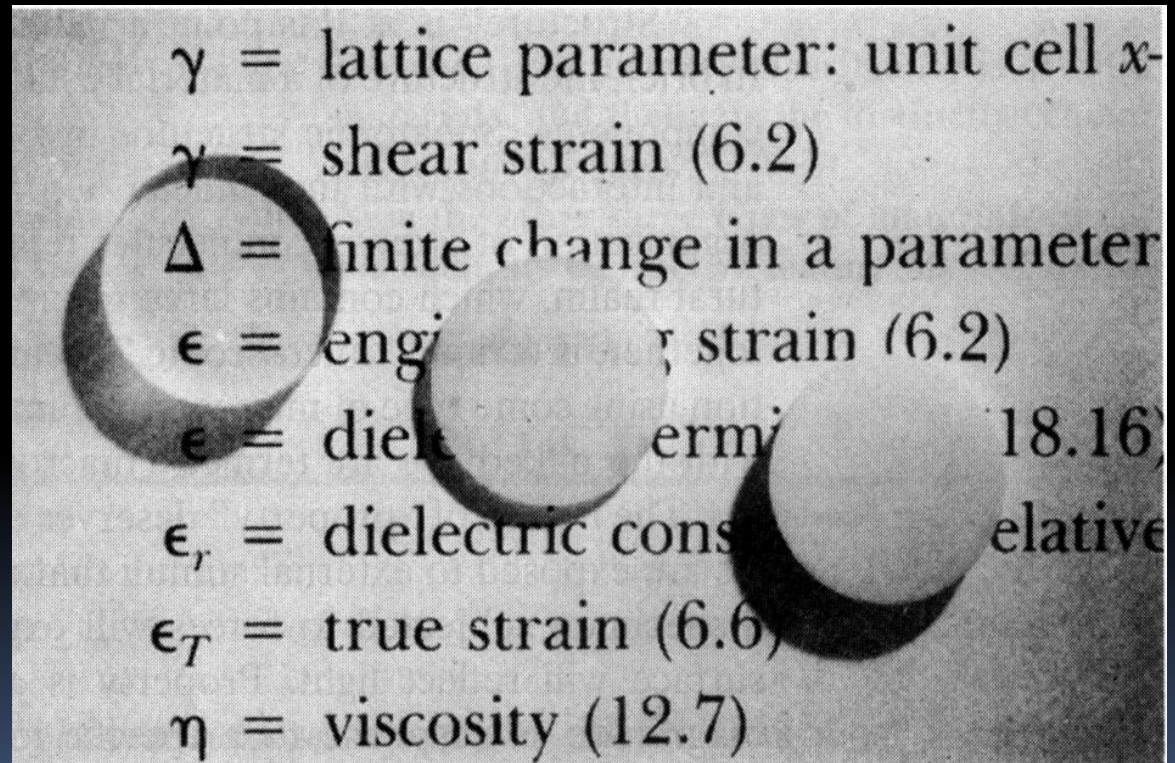
Теоретической основой материаловедения являются разделы физики, химии, физической химии, однако во многом наука о материалах развивается *экспериментальным путем.*

Взаимосвязь основных понятий



Взаимосвязь между структурой и свойствами

- Монокристалл Al_2O_3 прозрачен.
- Плотный поликристалл Al_2O_3 полупрозрачен.
- Пористый поликристалл Al_2O_3 совершенно непрозрачен.



Значение дисциплины «Материаловедение» для подготовки инженеров по специальности 21.05.04 – Горное дело

Материаловедение относится к числу основополагающих дисциплин для инженерных специальностей.

Значение дисциплины «Материаловедение» определяется широким диапазоном материалов, используемых в практической деятельности во всех отраслях народного хозяйства, в том числе в горном производстве.

Главная цель современных горнодобывающих и обогатительных предприятий – повышение качества и снижение себестоимости всех видов продукции.

Она может быть решена на основе знания свойств используемых материалов для правильного выбора технических средств, для их эффективной эксплуатации; для рационального ведения добычных, обогатительных, строительных работ.

При выборе материала большое значение имеют и экономические соображения.

Недостаточно выбрать высококачественный материал, свойства которого удовлетворяют всем эксплуатационно-техническим требованиям. Важно, чтобы это был материал отечественного производства, по возможности недорогой, недефицитный и чтобы из него можно было изготавливать изделия и конструкции с помощью недорогих и несложных технологических процессов.

Цели и задачи дисциплины «Материаловедение» для подготовки инженеров по специальности 21.05.04 – Горное дело

Целью настоящей учебной дисциплины является изучение закономерностей, связывающих состав и структуру материалов с их свойствами, а также особенностей изменения свойств материалов в различных условиях их обработки и эксплуатации.

Задачи учебной дисциплины:

1. Получение знаний об основных классах материалов и их свойствах;
2. Формирование умений в области выбора материалов с необходимым сочетанием свойств, обеспечивающим надежность, долговечность и безопасность эксплуатации деталей, элементов механизмов и машин в горном производстве.

Основная литература

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение: Учебник – 3-е изд, перераб. и доп. / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Альянс, 2013. – 528 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин [и др.]; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепяхина – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Ржевская С.В. Материаловедение: Учебник для вузов – 4-е изд, перераб. и доп. / С.В. Ржевская. – М.: Логос, 2004. – 528 с.
2. Материаловедение: Практикум / под ред. С.В. Ржевской. – 3-е изд, стереотип.– М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 282 с.
3. Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин [и др.]; под ред. В.Б. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 6-е изд, стереотип.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 648 с.
4. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна: справочн. изд. в 3-х т.; т.2 / под ред. А.Г. Рахштадта, Л.М. Капуткиной, С.Д. Прокошкина, А.В. Супова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 526 с.
5. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с.

Классификация материалов

I. Классификация по природе материалов. Она основывается на особенностях химического строения и атомной структуры вещества.

- ✓ **Металлические материалы** (чистые металлы и сплавы)
- ✓ **Неметаллические** (полимеры, резины, керамика, дерево)
- ✓ **Композиционные** (представляют собой комбинацию из вязкой матрицы и упрочнителя; состоят из двух или большего числа материалов, относящихся к различным классам веществ, т.е. металлических и неметаллических).

II. Классификация по назначению. В технике применяемые материалы принято классифицировать по назначению, т.е. по их функциональному применению.

- ✓ **Конструкционные**
- ✓ **Инструментальные**
- ✓ **Материалы с особыми физико-химическими свойствами** (электротехнические, антифрикционные, оптические, изоляционные, смазочные, лакокрасочные, абразивные, рабочие тела и технологические материалы).

КОНСТРУКЦИОННЫЕ

МАТЕРИАЛЫ
Конструкционные материалы – материалы, из которых изготавливаются различные конструкции, детали машин, элементы сооружений, воспринимающие *силовую нагрузку*.

Определяющими параметрами таких материалов являются **механические свойства**, что отличает их от других технических материалов. Конструкционные материалы можно условно разделить на следующие группы:

По природе материалов:	по технологическому исполнению
Металлические	Деформированные
Неметаллические	Литые
Композиционные материалы	Спекаемые
	Формуемые
	Склеиваемые
	свариваемые

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Инструментальные материалы предназначены для изготовления режущего, измерительного, слесарно-монтажного и другого инструмента.

Они отличаются высокими показателями твердости, прочности и износоустойчивости не только при нормальных, но и при высоких температурах и нагрузках.

К этим материалам относятся инструментальные стали, твердые сплавы, некоторые виды керамических материалов, природные минералы, многие композиционные материалы и некоторые сверхтвердые синтетические материалы.

МАТЕРИАЛЫ С ОСОБЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Электротехнические материалы характеризуются особыми электрическими и магнитными свойствами. Они предназначены для изготовления изделий, используемых для производства, передачи, преобразования и потребления электроэнергии.

К ним относятся проводники, полупроводники, материалы с особыми магнитными свойствами, а также диэлектрики в различных агрегатных состояниях.

Антифрикционные материалы предназначены для применения в подшипниковых узлах с целью обеспечения по возможности наименьшей скорости изнашивания сопряженной детали – стального вала. Этим обеспечивается заданная работоспособность и ресурс машин и механизмов. Основными критериями для оценки подшипниковых материалов служат коэффициент трения и допустимые нагрузочно-скоростные характеристики.

К ним относятся некоторые цветные металлы (баббиты, бронзы), серые чугуны, многие пластмассы и композиционные материалы на их основе, некоторые виды древесины и древесно-слоистых пластиков, а также металлокерамические композиционные материалы (бронзографит, железографит и др.), резины.

РАБОЧИЕ ТЕЛА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Рабочие тела представляют собой газообразные или жидкие материалы, с помощью которых происходит передача или преобразование энергии.

Например, водяной пар служит рабочим телом в паровых машинах и турбинах; фреон, аммиак, углекислота в холодильных установках; воздух в пневматических двигателях; газообразные продукты сгорания органического топлива (бензина, соляра) в двигателях внутреннего сгорания и т.п. В ракетной технике рабочим телом принято считать ракетное топливо.

Технологические материалы — это вспомогательные материалы, которые используются для нормального протекания технологических процессов изготовления деталей машин или же для обеспечения нормальной работы машин и механизмов.

К этим материалам можно отнести, например, лаки, краски, эмали; клеи и герметики; флюсы и припой; смазочно-охлаждающие жидкости; жидкие масла и консистентные смазки; закалочные среды; консервационные материалы, обеспечивающие защиту изделий от коррозии при хранении и транспортировке; моющие средства; растворители и т.п.

Металлические конструкционные материалы

Основными материалами, используемыми в машиностроении, являются и еще долго будут оставаться **металлы и их сплавы**.

Поэтому основной частью материаловедения является металловедение, в развитии которого, ведущую роль сыграли российские ученые: Аносов П.П., Чернов Д.К., Курнаков Н.С., Гуляев А.П. и другие.

Металлы – один из классов конструкционных материалов, характеризующийся определенным набором свойств:

- «металлический блеск» (хорошая отражательная способность);
- пластичность;
- высокая теплопроводность;
- высокая электропроводность.

Данные свойства обусловлены особенностями строения металлов.

Согласно теории металлического состояния, металл представляет собой вещество, состоящее из положительных ядер, вокруг которых по орбиталям вращаются электроны. На последнем уровне число электронов невелико и они слабо связаны с ядром. Эти электроны имеют возможность перемещаться по всему объему металла, т.е. принадлежать целой совокупности атомов.

Таким образом, пластичность, теплопроводность и электропроводность обеспечиваются наличием «электронного газа».

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Металл можно рассматривать как коллектив положительных ионов, находящихся в среде свободных электронов. Между положительными ионами и коллективизированными электронами возникает **металлическая связь**.

Она **не имеет направленного характера**. Ионы сохраняют постоянное положение и образуют пространственную решетку кристалла. Валентные электроны металла не фиксированы в определенных местах. Они заполняют все промежутки между ионами.

Сила связи в металлах определяется соотношением сил отталкивания и притяжения между ионами и электронами. Атомы (ионы) располагаются на таком расстоянии друг от друга, чтобы энергия взаимодействия была минимальной. Поэтому **металлическая связь является ненасыщенной**.

Кристаллическое строение металлов

Все металлы, затвердевающие в нормальных условиях, представляют собой **кристаллические вещества**, то есть укладка атомов в них характеризуется определенным порядком – периодичностью, как по различным направлениям, так и по различным плоскостям. Этот порядок определяется понятием **кристаллическая решетка**.

Кристаллическая решетка - это воображаемая пространственная решетка, в узлах которой располагаются частицы, образующие твердое тело.

Элементарная ячейка – элемент объема из минимального числа атомов, многократным переносом которого в пространстве можно построить весь кристалл. Элементарная ячейка характеризует особенности строения кристалла.

Основными параметрами кристалла являются:

- размеры ребер элементарной ячейки. a , b , c – периоды решетки – расстояния между центрами ближайших атомов. В одном направлении выдерживаются строго определенными.
- координационное число (K) указывает на число атомов, расположенных на ближайшем одинаковом расстоянии от любого атома в решетке.
- коэффициент компактности кристаллической решетки – объем, занятый атомами, которые условно рассматриваются как жесткие шары. Его определяют как отношение объема, занятого атомами, к объему ячейки.

Кристаллические решетки металлов

Большинство металлов имеют одну из трех типов кристаллических решеток:

- ✓ кубическую объемноцентрированную (ОЦК),
- ✓ кубическую гранецентрированную (ГЦК),
- ✓ гексагональную плотноупакованную (ГПУ).

Плотность кристаллической решетки характеризуется *координационным числом (K)*, т.е. числом ближайших соседних атомов, окружающих данный атом. Чем выше **K**- тем больше плотность упаковки атомов.

В ОЦК решетке - наименьшее расстояние между атомами $d = 0,5a\sqrt{3}$. На этом расстоянии находятся 8 атомов, следовательно $K = 8$.

Коэффициент компактности решетки - $0,68$.

В ГЦК решетке - наименьшее расстояние $d = 0,5a\sqrt{2}$. $K = 12$.

Коэффициент компактности решетки - $0,74$.

В ГПУ решетке - наибольшая плотность атомов при $c/a=1,633$. $K = 12$.

Коэффициент компактности решетки - $0,74$.

Типы кристаллических структур

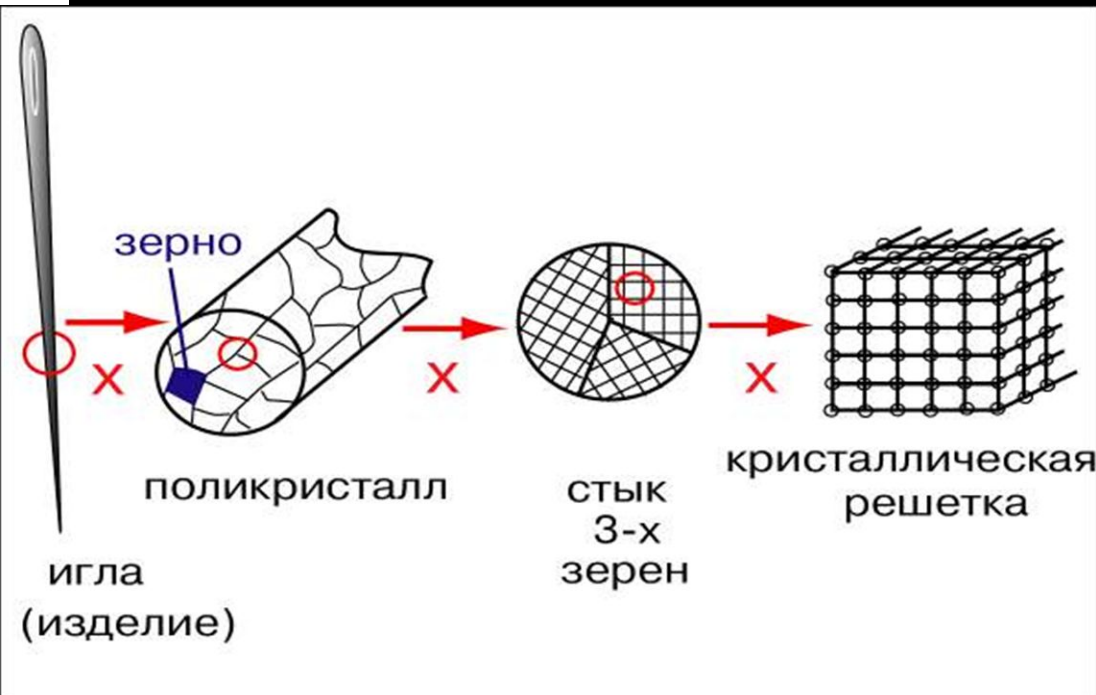
ГЦК	ОЦК	ГПУ
<p>Кубической гранцентрирова- ной решеткой (ГЦК) обладают следующие металлы: γ-Fe, Al, Cu, Ni; α-Co, Pb, Ag, Au, Pt</p>	<p>Объемно- центрированную кубическую решетку (ОЦК) имеют металлы α-Fe, Cr, W, Mo, V, Na, Li</p>	<p>Гексагональной плотноупакованной решеткой (ГПУ) обладают такие металлы, как Zn, β-Co, Cd, Mg, α-Ti, α-Zr</p>
		

Атомиум в Брюсселе

- Одна из главных достопримечательностей и символ Брюсселя.
- Это здание – гигантская модель объемно-центрированной решетки железа – главного металла цивилизации.
- Сооружение, покрытое стальной оболочкой, состоит из девяти атомов, которые объединены в кубический фрагмент кристаллической решетки железа, увеличенный в 165 миллиардов раз.
- Высота атомиума составляет 102 м, вес — около 2400 тонн, а диаметр каждой из девяти сфер — 18 м.



Поликристаллическое строение металлов и сплавов



Металлы и их сплавы, применяемые в качестве конструкционных материалов, обычно имеют поликристаллическое строение, т.е. состоят из множества кристаллов, не имеющих правильной кристаллографической огранки. Такие кристаллы называют зернами.

Монокристаллы – это однородные, *анизотропные* тела, которые состоят из периодически повторяющихся одинаковых кристаллических ячеек.

Поликристаллические материалы состоят из большого числа сросшихся друг с другом мелких кристаллических зерен (кристаллитов), хаотически ориентированных в разных направлениях, поэтому являются *изотропными*, т.е. их свойства одинаковы во всех направлениях.

Моно- и поликристаллы характеризуются наличием как **ближнего**, так и **дальнего порядка** в расположении структурных единиц в пределах кристаллического зерна.

ТЕОРИЯ СПЛАВОВ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В большинстве случаев металлы не могут обеспечить необходимые для промышленности физико-механические свойства, которые удастся получить в *сплавах*.

Сплавы состоят из металла-основы, добавок специально вводимых в сплав легирующих и модифицирующих элементов, а также из примесей (природных, технологических и случайных).

Сплавы представляют собой сложную физико-химическую систему, которая характеризуется определенным фазовым составом и комплексом свойств.

Компоненты сплава – химические элементы, в результате взаимодействия которых образуются все фазы сплавов. Компонентами могут быть не только химические элементы, но и соединения.

Фаза – гомогенная часть гетерогенной системы (сплава), имеющая одинаковый состав, одно и то же агрегатное состояние и отделенная от остальных частей системы границей раздела, при переходе через которую свойства меняются скачкообразно.

Сплавы могут быть двойными, тройными и многокомпонентными. Например, сплав системы Pb-Sb является двойным, а сплав системы Al-Cu-Mg-Mn - четверным.

ФАЗЫ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

Сплавом называется вещество, полученное сплавлением или спеканием двух или более компонентов.

Сплавы различают по фазовому и структурному составу *в твердом состоянии*.

В зависимости от характера взаимодействия между атомами компонентов, в особенности от типа химической связи (ковалентной или металлической), в сплавах образуются фазы следующих видов:

- *твердые растворы,*
- *химические соединения*
- *интерметаллидные фазы.*

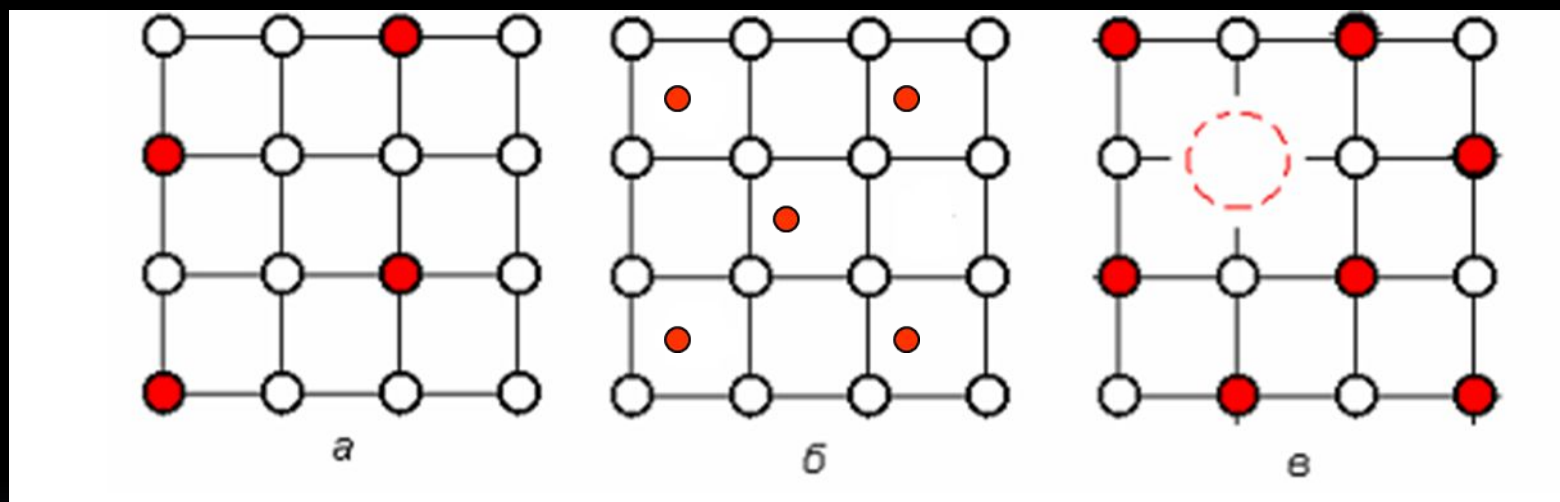
Твердый раствор – фаза переменного состава, имеющая решетку металла-растворителя и существующая в некотором интервале концентраций.

Химическое соединение – фаза строго определенного состава, имеющая собственную кристаллическую решетку, отличную от решеток компонентов, собственные температуру плавления и свойства.

В химическом соединении сохраняется простое кратное соотношение атомов компонентов, которое можно выразить формулой $A_m B_n$. Наиболее часто встречаются следующие химические соединения: карбиды, нитриды, оксиды, сульфиды, бориды.

Интерметаллидные соединения – химические соединения между металлами. Они имеют собственную решетку, но могут существовать в интервале концентраций, поэтому их формулы не подчиняются правилу валентностей. Например, $CuZn_2$, $CuBe$, Ni_3Al , Ni_3Mo .

Типы твердых растворов

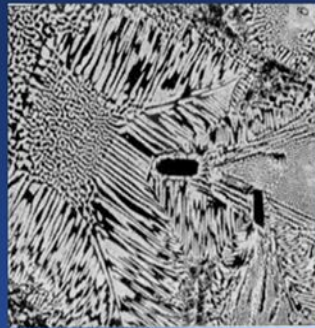


Твердый
раствор
замещения

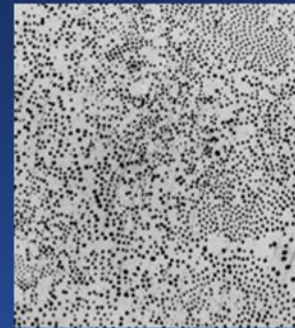
Твердый
раствор
внедрения

Твердый
раствор
вычитания

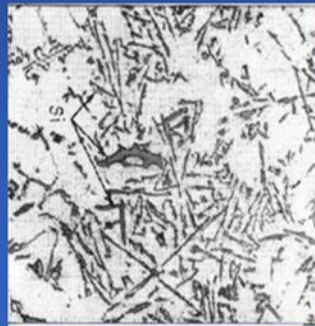
- **Эвтектика - механическая смесь**, состоящая из двух и более типов кристаллов. Образуется при строго определенной постоянной температуре из жидкого раствора строго определенного химического состава.
- **Эвтектоидная механическая смесь** также образуется при строго определенной постоянной температуре, но только при распаде твердого раствора строго определенного химического состава.



Пластинчатая эвтектика
 $\alpha(\text{Al}) + \text{CuAl}_2$



Зернистая эвтектика
 $\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$



Игольчатая эвтектика
 $\alpha(\text{Al}) + \text{Si}$

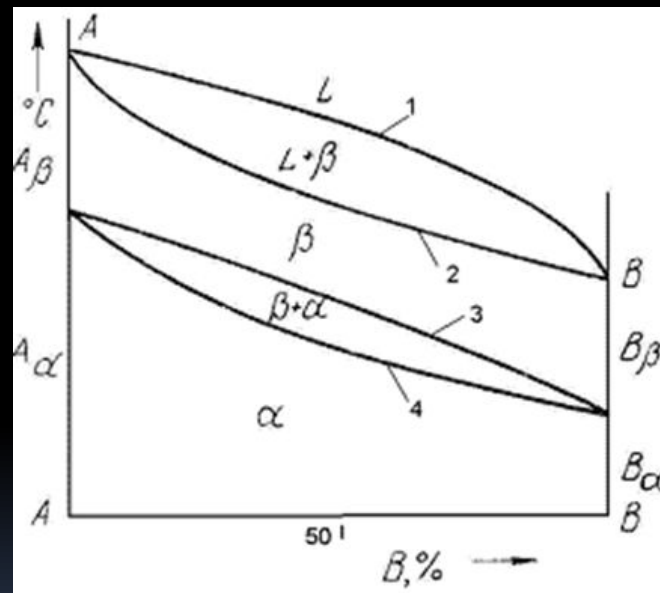


Скелетная эвтектика
 $\gamma(\text{Fe}) + (\text{W}, \text{Fe})_6\text{C}$

Диаграмма состояния

Фазовое состояние системы, составленной из двух и более компонентов, может характеризоваться диаграммой фазового равновесия (диаграммой состояния).

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение фазового состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от концентрации и температуры.



Диаграммы состояния показывают **устойчивые состояния**, т.е. состояния, которые при данных условиях обладают минимумом свободной энергии, и поэтому ее также называют диаграммой равновесия, так как она показывает, какие при данных условиях существуют **равновесные фазы**.

ПРАВИЛО ФАЗ ГИББСА

В теории сплавов существует понятие **вариантность системы**.

Вариантность (С) (число степеней свободы) – это число внутренних и внешних факторов (температура, давление, концентрация), которые можно изменять без изменения количества фаз в системе.

Существует математическая связь между числом компонентов (K), числом фаз (Φ) и вариантностью системы (C). Это правило фаз или закон Гиббса. **Правило фаз Гиббса выражается следующим уравнением: $C = K - \Phi + П$** , где: C - число степеней свободы или вариантность системы,

K - количество компонентов системы,

Φ - количество фаз в системе,

$П$ - количество независимых переменных.

Внешними независимыми переменными являются температура и давление. При рассмотрении твердых тел и жидкостей давление не оказывает решающего влияния на состояние системы, поэтому единственной внешней независимой переменной является температура, при этом $П = 1$ и **$C = K - \Phi + 1$** .

Для равновесия системы необходимо, чтобы количество фаз в структуре не превышало числа компонентов более чем на 1, т.е. чтобы **$\Phi < K + 1$** .

В том случае, когда в равновесии находится максимальное количество фаз, т.е. **$\Phi = K + 1$ и $C = 0$** , система называется *безвариантной* или *нонвариантной*.

Примером такой системы является кристаллизация, аллотропическое превращение в чистом металле, где $\Phi = 2$ при $K = 1$, а также эвтектическое превращение в двухкомпонентной системе, где $\Phi = 3 [Ж + (\alpha + \beta)]$, при $K = 2$.

Система, в которой $C = 1$, т.е. когда $\Phi = K$, является *одновариантной* или *моновариантной*. Примером является кристаллизация твердого раствора.

Методы построения и назначение диаграмм

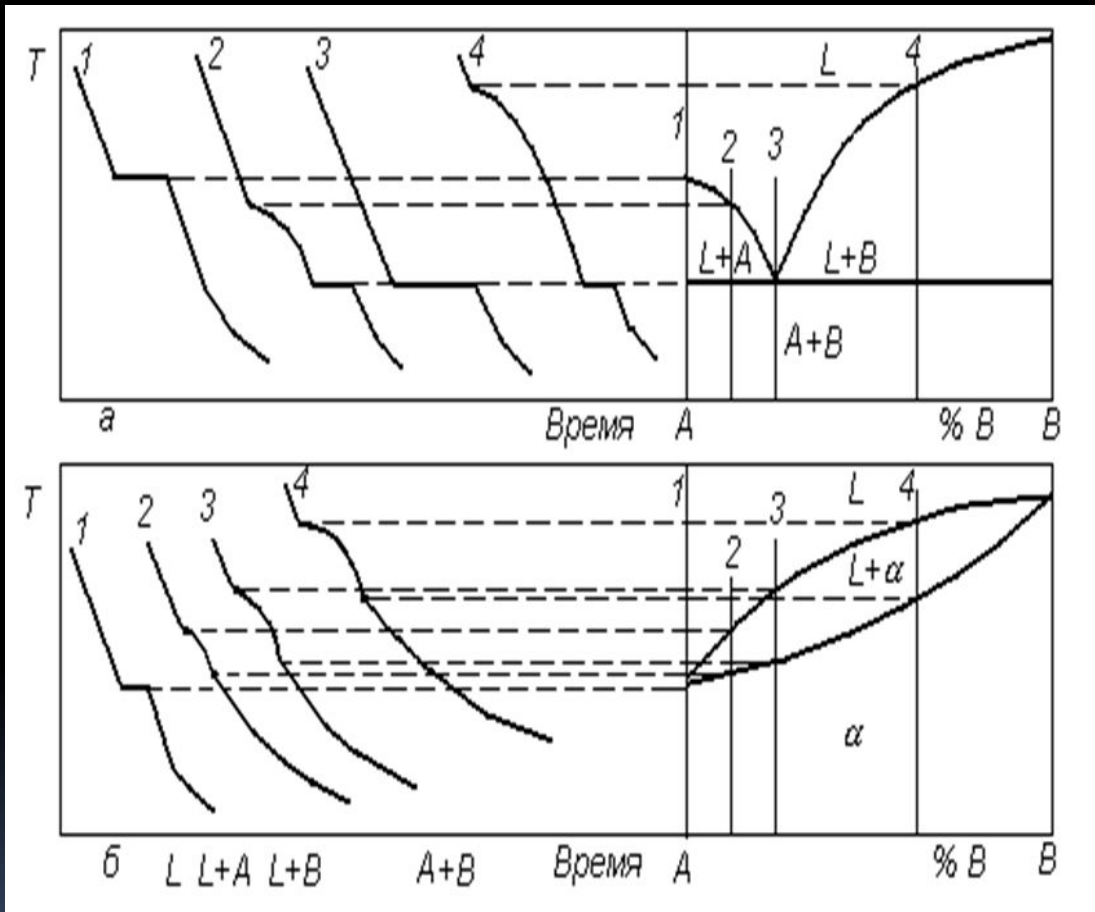
Основные методы построения диаграмм состояния: *термический, микроструктурный и рентгеноструктурный* методы. К числу дополнительных методов относятся дюрOMETрический, включающий исследование микротвердости структурных составляющих, механических свойств, определение электропроводности, теплопроводности, дилатометрический и магнитный методы, а также применение радиоактивных изотопов.

Термический метод заключается в исследовании кинетических кривых охлаждения сплавов различных составов. Наблюдая изменение температуры при медленном охлаждении металла, и откладывая на графике это снижение температуры в зависимости от времени, получают серии кривых для каждого из сплавов исследуемых систем.

Для построения диаграммы состояния критические точки (точки перегиба, температуры ступенек), обнаруженные на термических кривых, наносят на поле в координатах *состав – температура* и соединяют их плавными кривыми.

Диаграммы состояния дают в сжатой и наглядной форме картину строения и свойств сплава при изменении его концентрации и температуры, позволяют определить температуру плавления, затвердевания и аллотропических превращений в сплавах. Кроме того, диаграммы состояния дают возможность изучить происхождение структур, наблюдаемых под микроскопом и увязать структуру сплавов с их механическими, технологическими и физико-химическими свойствами.

Построение диаграмм фазового равновесия с применением термического анализа

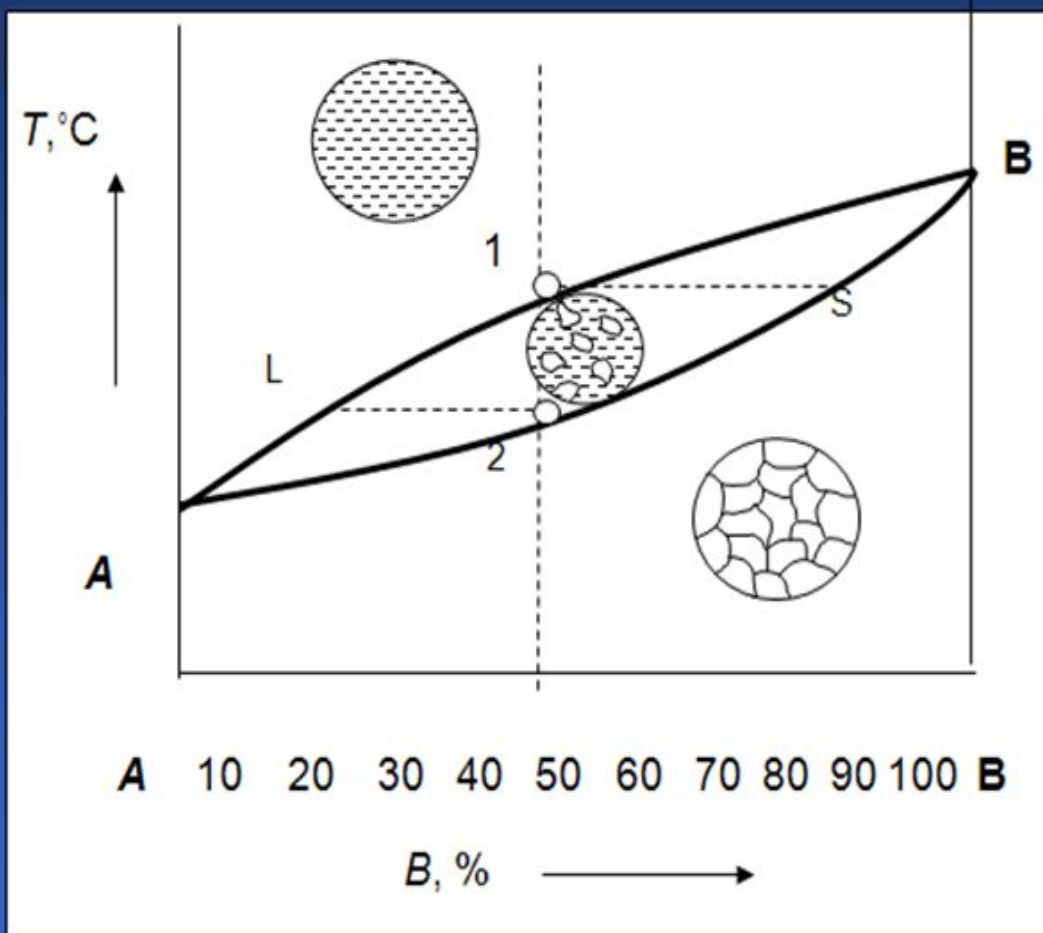


В системе без растворимости компонентов в твердом состоянии

С непрерывным рядом твердых и жидких растворов

Геометрическое место точек начала затвердевания сплавов называется "ликвидусом", а конца затвердевания "солидусом". Между этими кривыми лежит область, в которой сплавы находятся в виде смеси жидкости и кристаллов, т.е. в твердо-жидком состоянии.

Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых полностью растворимы в твердом и жидком



AL1B – линия ликвидус;
A2SB – линия солидус

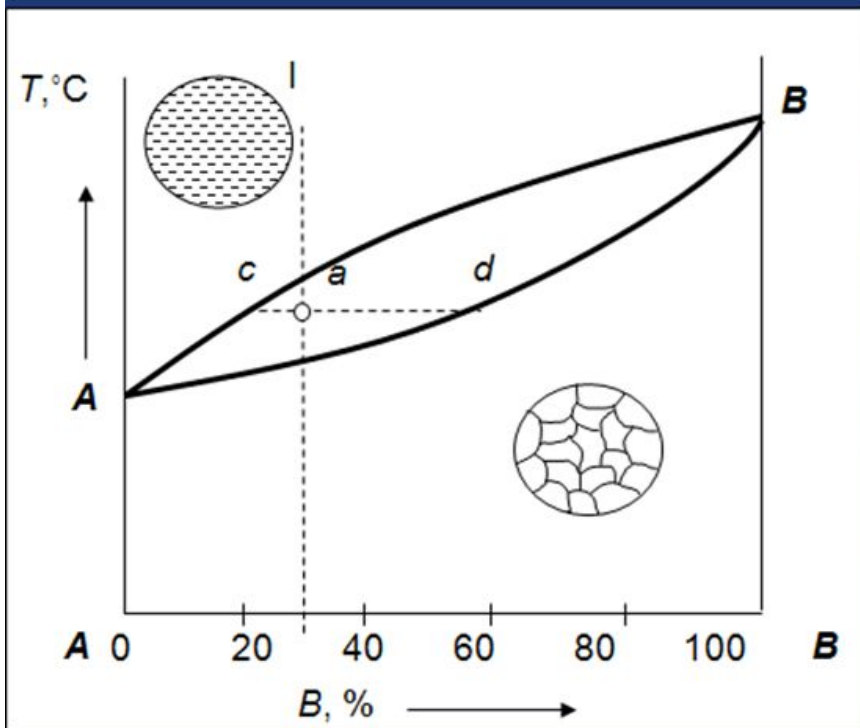
**Все сплавы данной системы
кристаллизуются
с образованием
непрерывного ряда
твердых растворов**

Количественный структурно-фазовый анализ. Правило

отрезков.

Пользуясь диаграммой состояния можно для любого сплава при любой температуре определить *не только число фаз, но и их состав и количественное соотношение*. Для этого используется **правило отрезков**.

Для проведения количественного структурно-фазового анализа в двухфазной области через заданную точку проводят горизонталь (**коноду**) до пересечения с ближайшими линиями диаграммы (ликвидус, солидус или оси компонентов).



Точки *c* и *d* на коноде (*cad*) показывают состав жидкости и твердого раствора при данной температуре.

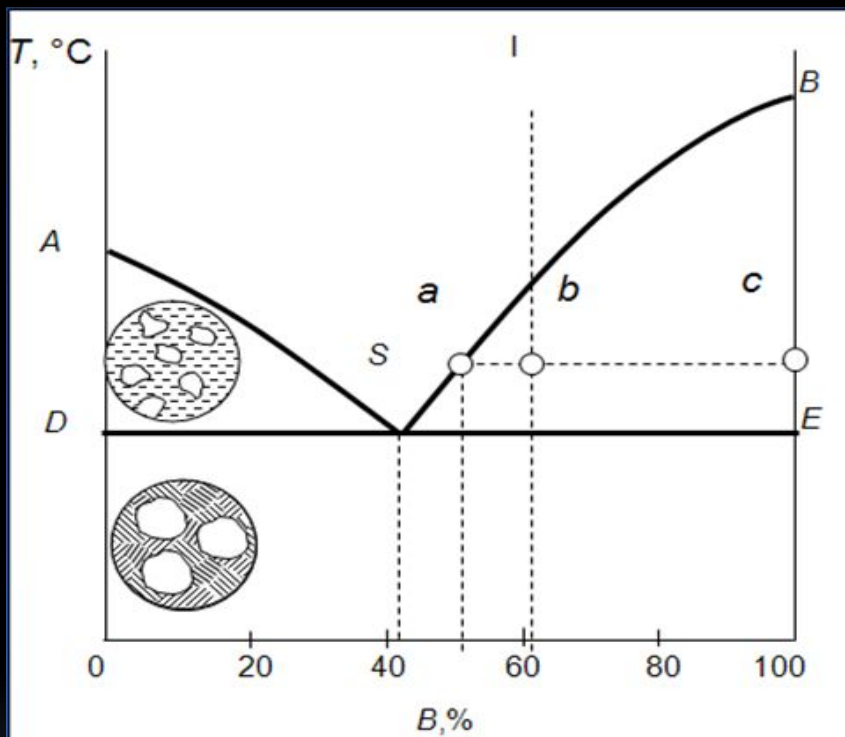
Количество жидкости в сплаве при данной температуре определяется пропорцией:

$$ad/cd \cdot 100 \%$$

Количество твердого раствора в сплаве при данной температуре определяется пропорцией:

$$ca/cd \cdot 100 \%$$

Диаграмма эвтектического типа без растворимости компонентов в твердом состоянии



ASB – линия ликвидус;
 DSE – линия солидус.

Точка a на коноде (adc) показывает состав жидкости при данной температуре.

Количество жидкости в сплаве при данной температуре определяется пропорцией:

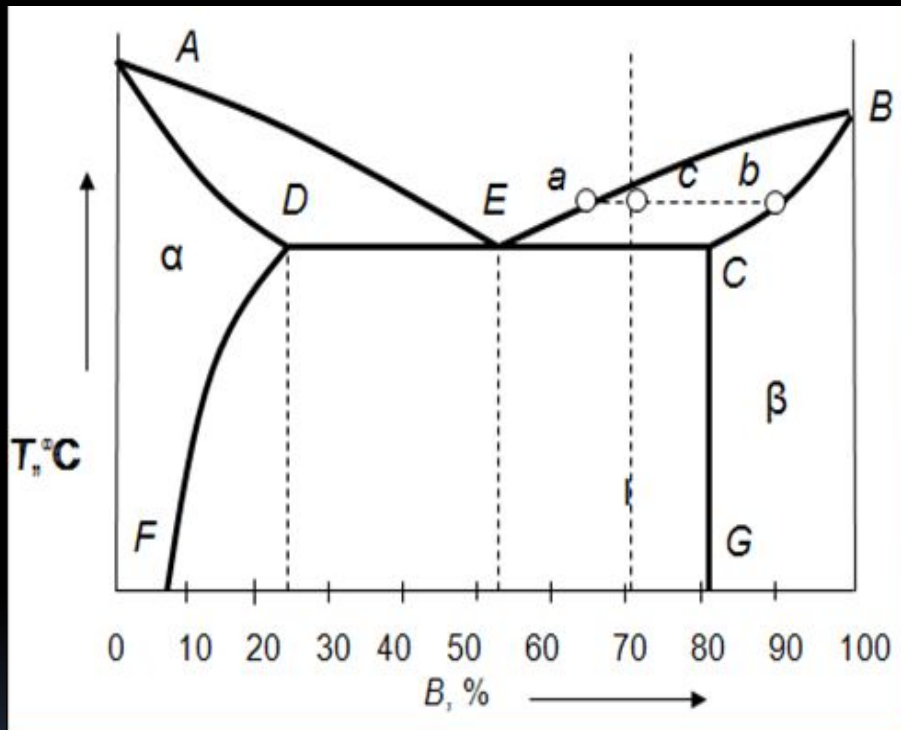
$$bc/ac \cdot 100 \%$$

Количество компонента B в сплаве, при данной температуре, определяется пропорцией:

$$ab/ac \cdot 100 \%$$

Эвтектика - мелкодисперсная механическая смесь компонентов или фаз. Она имеет постоянный состав и наименьшую температуру плавления в данной системе. Затвердевание эвтектики происходит при постоянной температуре (как и чистых металлов).

Диаграмма эвтектического типа с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии



AEB – линия ликвидус;
 $ADECB$ – линия солидус

Точки a и b , принадлежащие коноде (acb), показывают составы жидкости и β -твердого раствора при данной температуре.

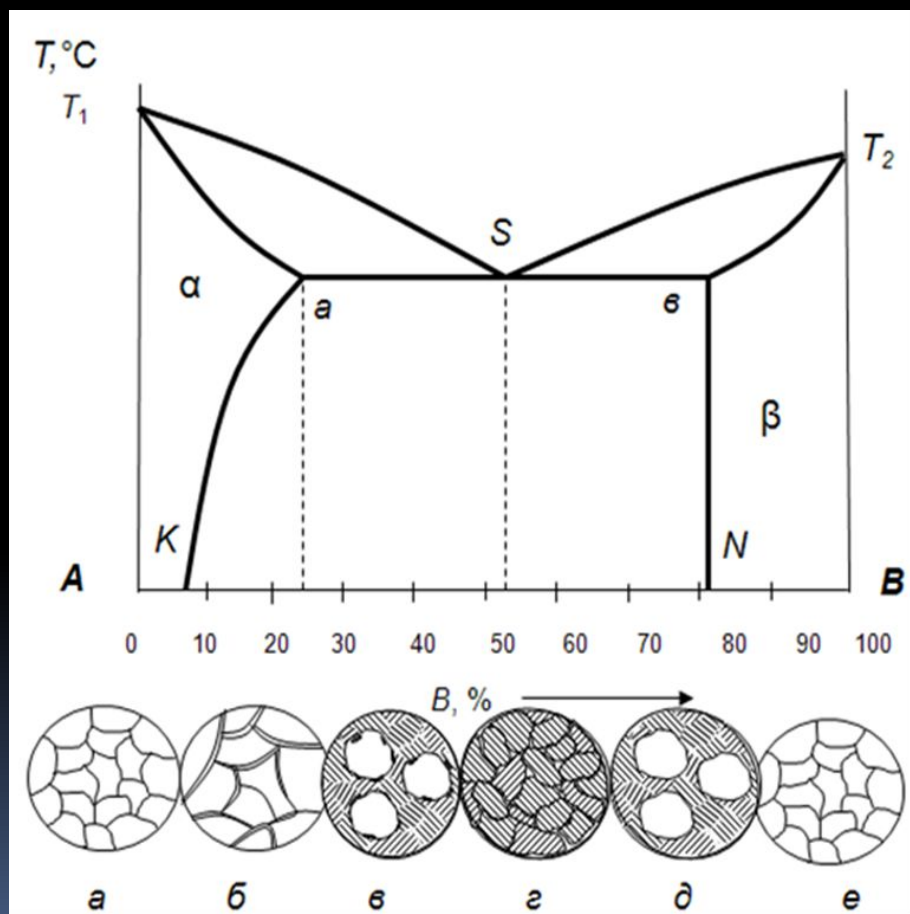
Количество жидкости в сплаве при данной температуре определяется пропорцией:

$$cв/ac \cdot 100 \%$$

Количество β -твердого раствора в сплаве при данной температуре определяется пропорцией:

$$ac/av \cdot 100 \%$$

Схемы зарисовки характерных структур сплавов при $\theta^\circ\text{C}$



- a – α -твердый раствор;
- b – первичные кристаллы α -твердого раствора и вторичная β -фаза;
- c – первичные кристаллы α -твердого раствора, эвтектика $(\alpha + \beta)$, вторичная β -фаза;
- d – первичные кристаллы β -твердого раствора, эвтектика $(\alpha + \beta)$;
- e – β -твердый раствор

Диаграмма эвтектического типа с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии

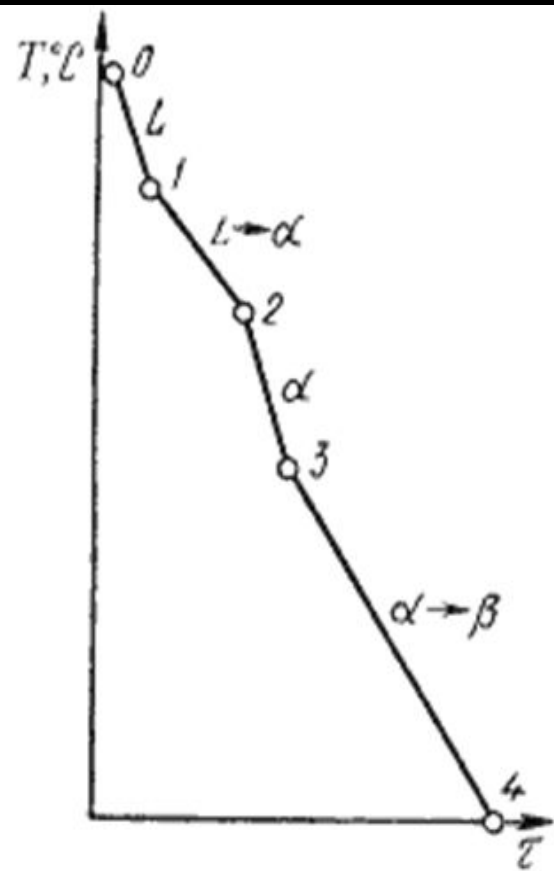
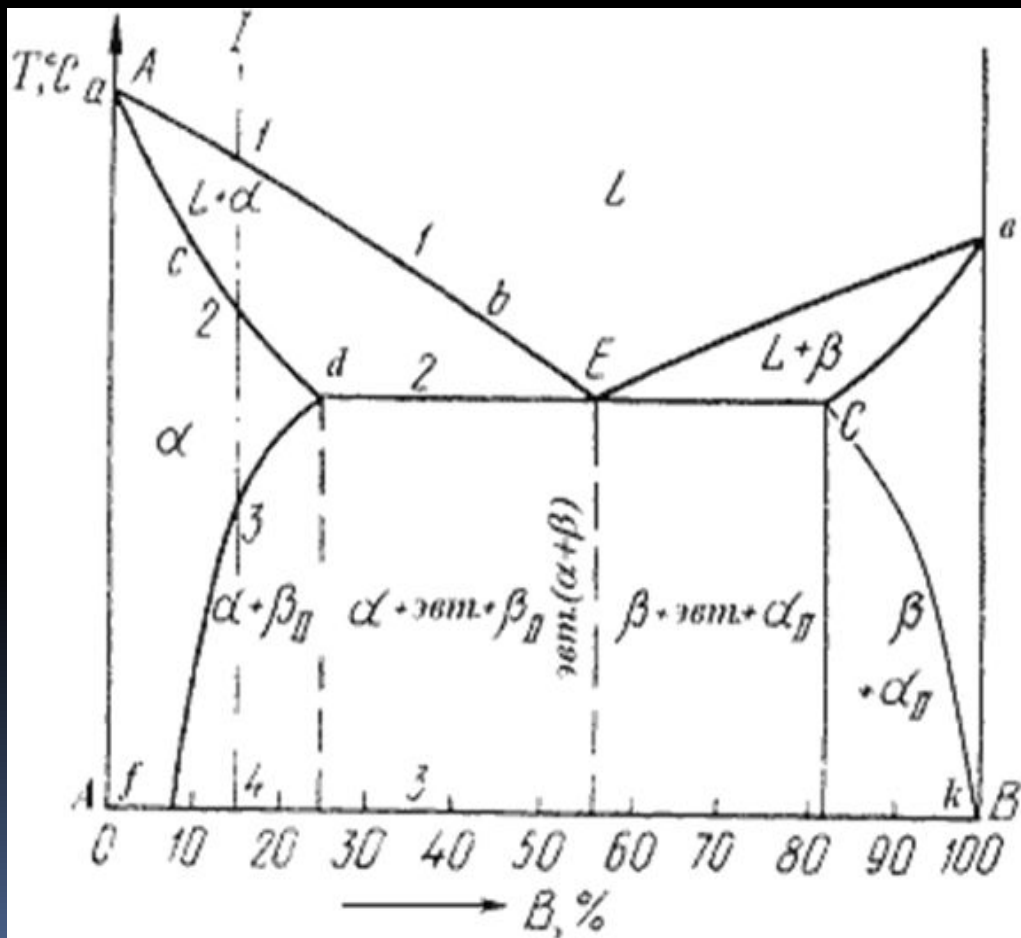
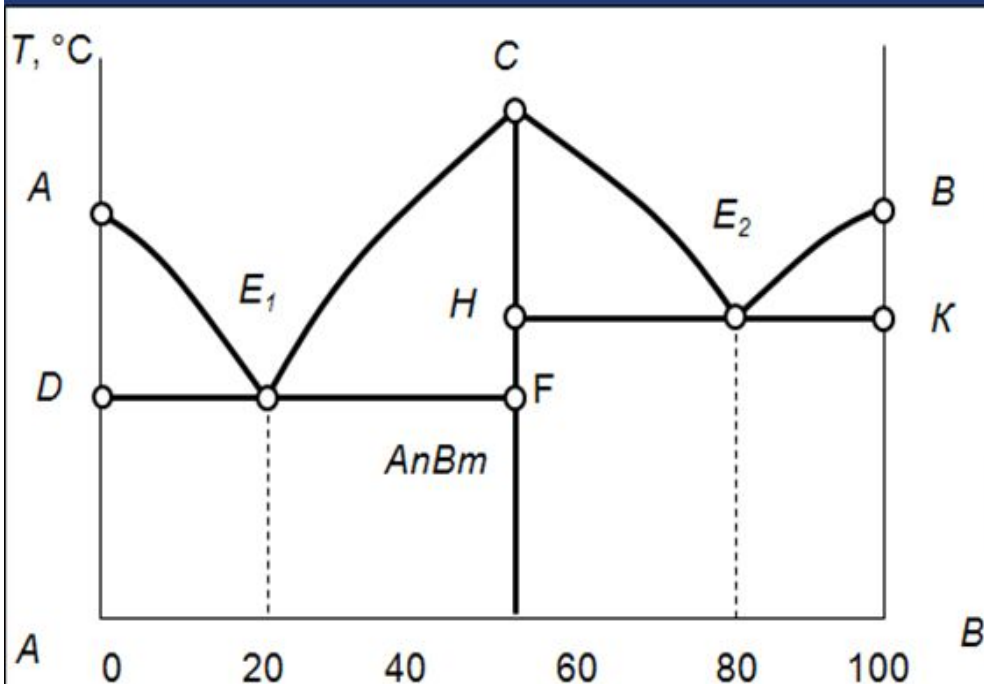


Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют химические соединения

Диаграмма состояния сложная, состоит из нескольких простых диаграмм. Число компонентов и количество диаграмм зависит от того, сколько химических соединений образуют основные компоненты системы.



Линия ликвидус: AE_1CE_2B .
Линия солидус: DE_1FHE_2K .

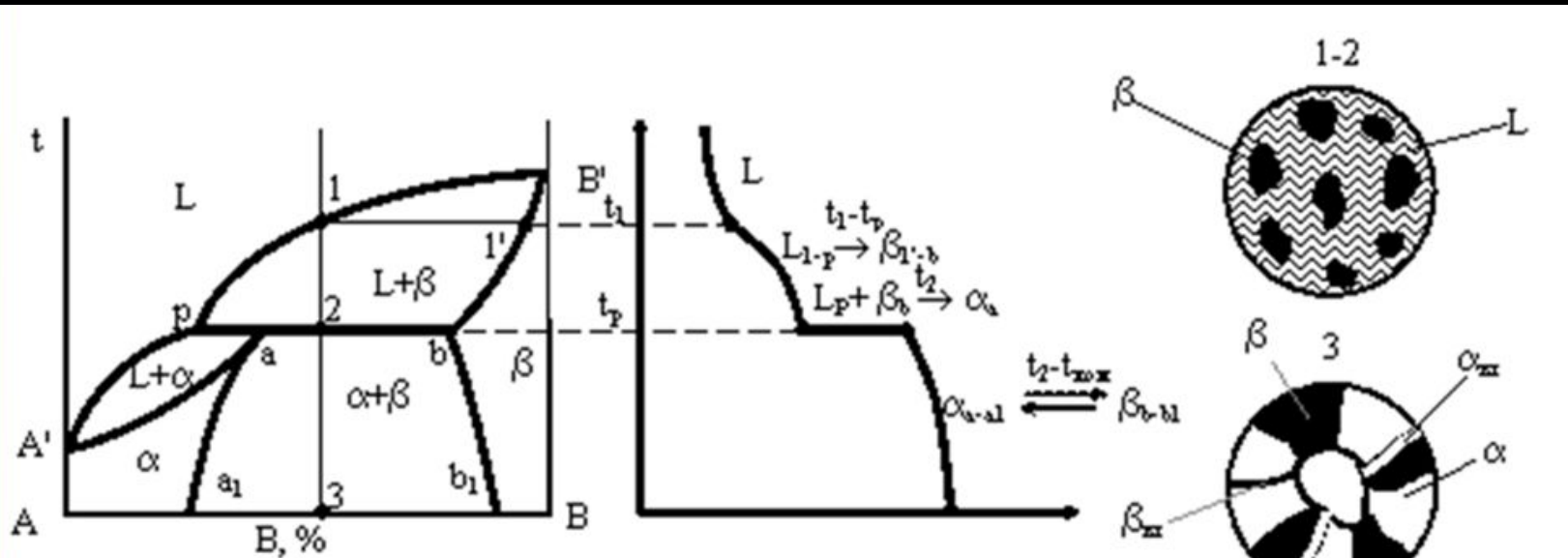
Эвтектическое превращение в сплавах, содержащих до 52 % компонента B:



Эвтектическое превращение в сплавах, содержащих более 52 % компонента B:



Диаграмма состояния перитектического типа



До температуры t_1 сплав находится в жидкой фазе (L).

В интервале температур t_1-t_p из L кристаллизуются β - кристаллы.

При t_p идет перитектическая реакция с образованием α - кристаллов, при этом остаются β - кристаллы в избытке.

В интервале температур от $t_2-t_{э}$ в сплаве из избыточных β_b - кристаллов выделяются вторичные α - кристаллы, а образовавшихся по перитектической реакции α - кристаллов выделяются вторичные β - кристаллы т.е. $\alpha_{...} \rightleftharpoons \beta_{...}$

структура окружения

Диаграмма с перитектическим превращением

В сплавах, компоненты которых образуют ограниченные твердые растворы, может происходить не только эвтектическое, но и **перитектическое превращение**, которое тоже происходит при постоянной температуре.

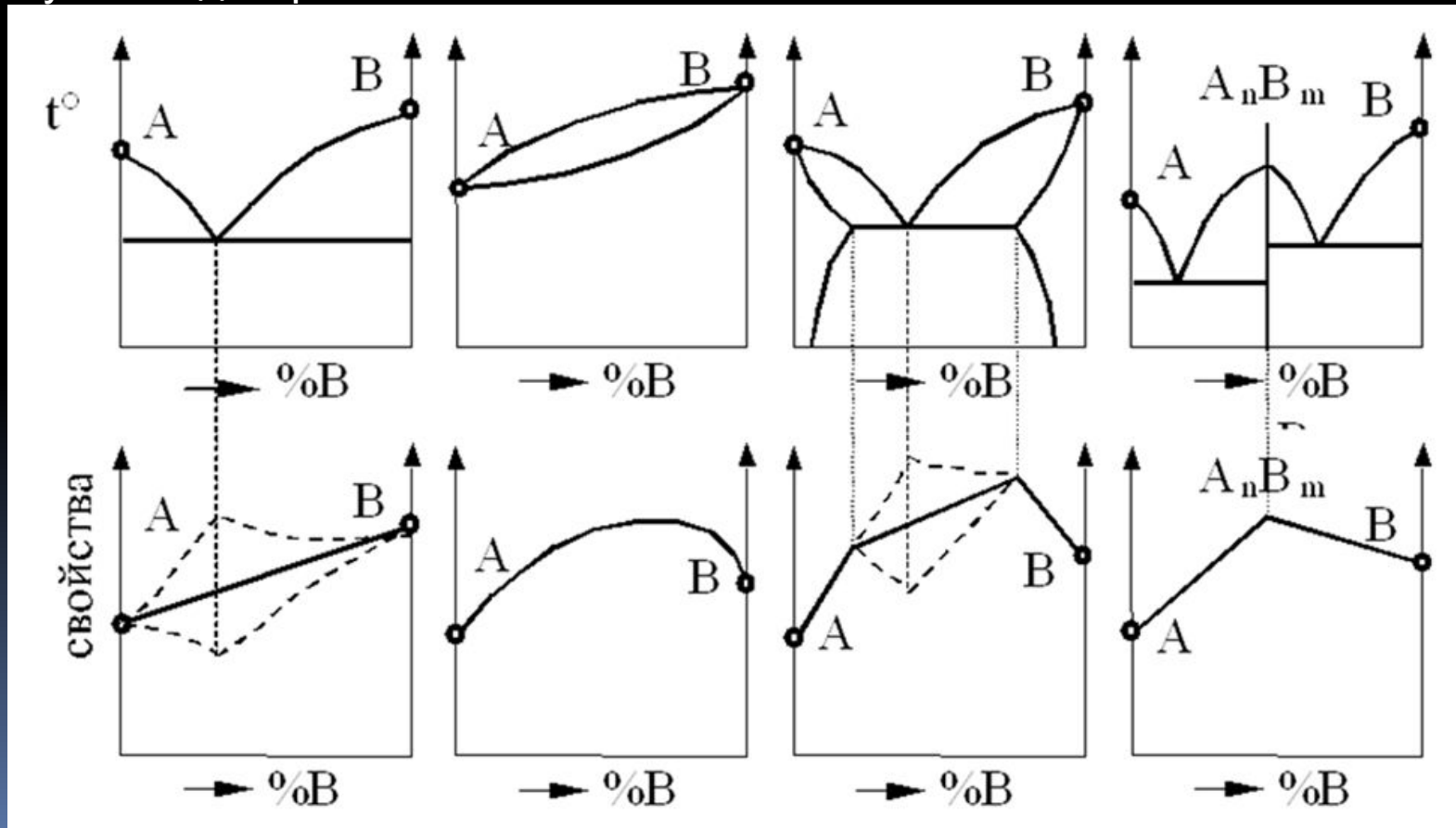
Оно заключается в том, что из первоначально образовавшегося твердого раствора β при его взаимодействии с окружающей жидкостью, образуется другой твердый раствор α . Перитектическое превращение при охлаждении сплава происходит по следующей реакции: $\beta + Ж \rightarrow \alpha$.

Перитектическое превращение не имеет столь характерной структуры, как структура, образующаяся при эвтектическом превращении.

Связь между типом диаграмм состояния и соответствующими им диаграммами «состав-свойства»

Поскольку вид диаграммы состояния также как и свойства сплава, зависит от того, какие соединения или какие фазы образовали компоненты сплава, то между ними должна существовать определенная связь. Эта зависимость установлена Н.С. Курнаковым.

Построение диаграмм «состав-свойство» является важным дополнением при изучении диаграмм состояния сплавов.



Связь между типом диаграмм состояния и соответствующими им диаграммами «состав-свойства».

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