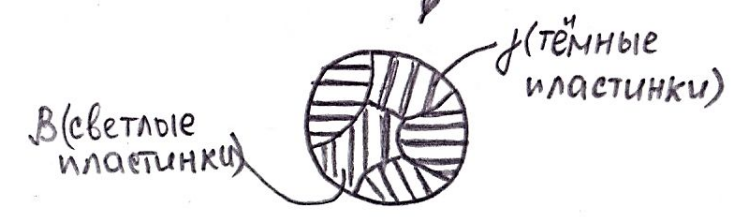
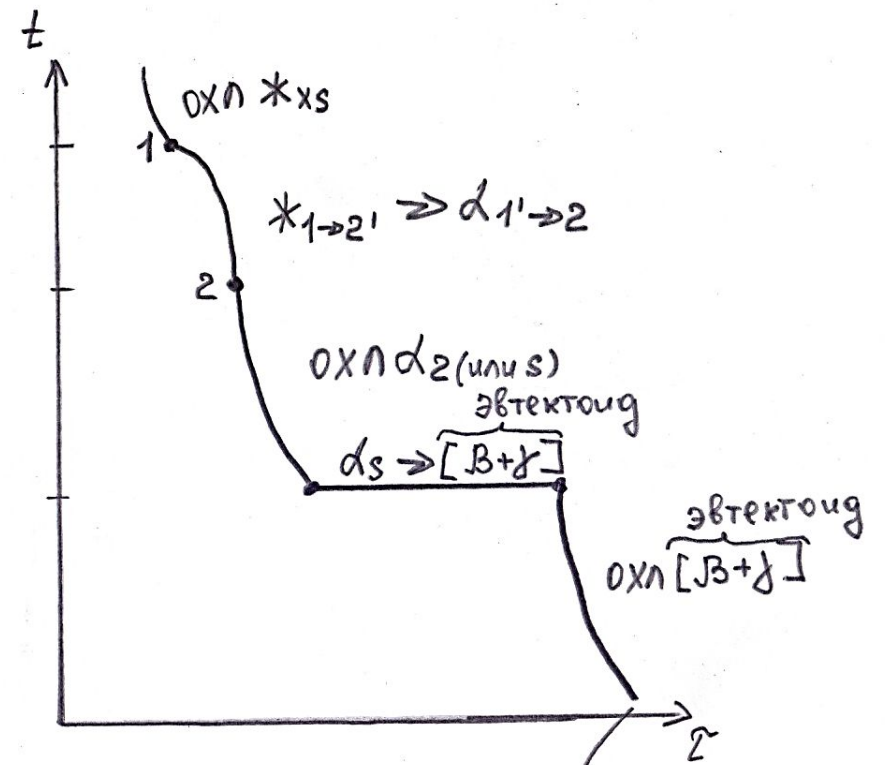
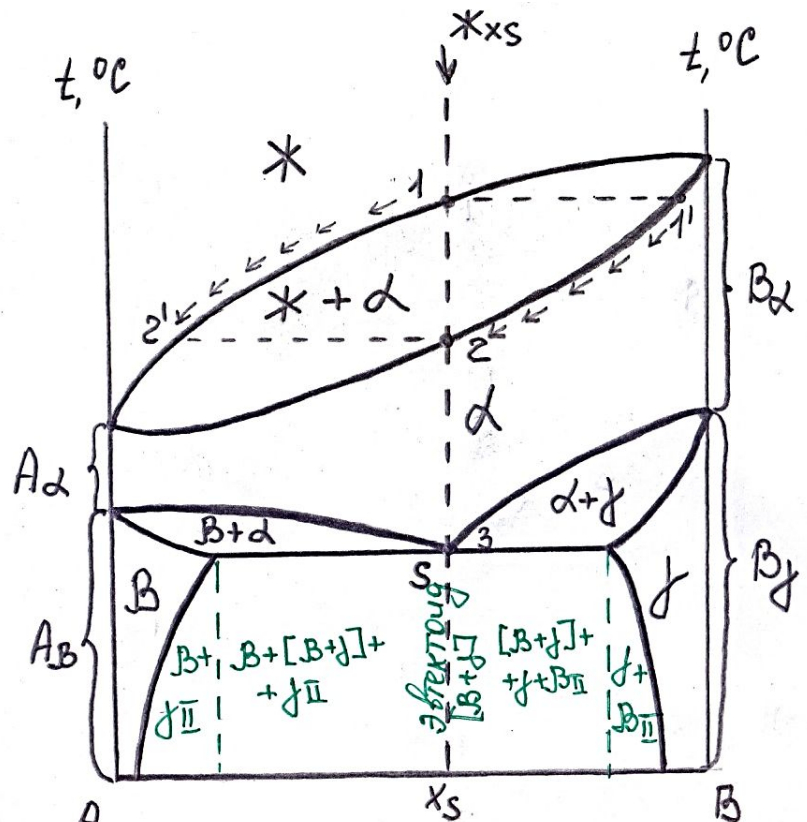


Г. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых имеют полиморфное превращение.



сплав  $x_s \rightarrow \% B$   
 $3-3' \quad C = K - \Phi + 1 = 2 - 3 + 1 = 0$   
 такое превращение безвариантное и называется эвтектоидным превращением

$\alpha_s \rightarrow$  эвтектоид  $[\beta + \gamma]$

Эвтектоидное превращение – превращение, в результате которого происходит образование эвтектоида; протекает при постоянной температуре и неизменных составах участвующих фаз, находящихся в твёрдом состоянии.

Эвтектоид (от греч. *eidōs* – «вид») – это механическая смесь (образуется, если компоненты не способны к взаимному растворению друг в друге в твёрдом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием промежуточной фазы) двух или более фаз, одновременно образующихся в результате распада твёрдого раствора.

Структуры эвтектоида и эвтектики схожи, но эвтектоиды являются более дисперсными составляющими, т.к. образуются при распаде твёрдого раствора в процессе вторичной кристаллизации, когда процессы диффузии протекают более медленно.

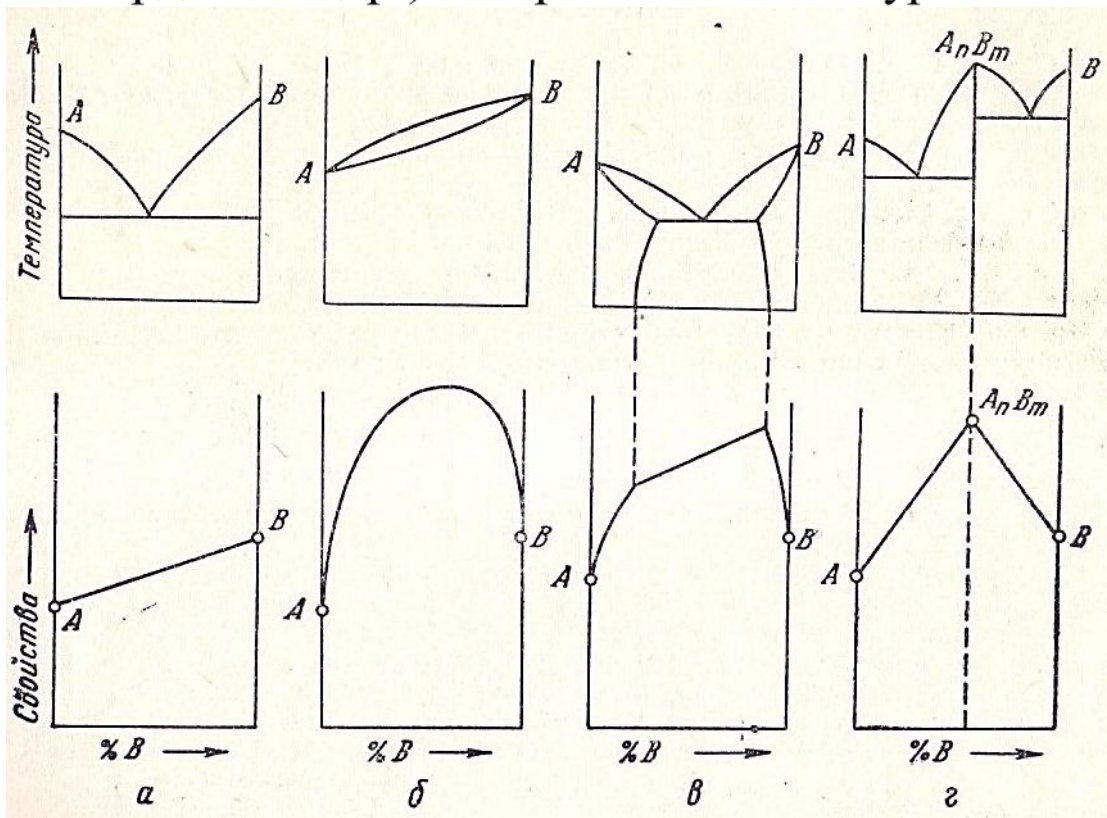
*Фазовый анализ* – ж, кристаллы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ .

*Структурный анализ*: 5 структурных составляющих – кристаллы твёрдых растворов  $\beta$  и  $\gamma$ , эвтектоид [ $\beta + \gamma$ ], вторичные кристаллы  $\gamma_{II}$  и  $\beta_{II}$ .

## § 4. Практическое значение диаграмм состояния.

Благодаря диаграммам состояния можно:

- у любого сплава проследить все превращения, проходящие при охлаждении, и определить его конечную структуру, а также дать качественную характеристику его свойств.
- определить характер изменения физических свойств (удельное электросопротивление  $\rho$ , коэрцитивная сила  $H_c$ , теплопроводность  $\alpha$ , твёрдость и др.) по правилам Н.С. Курнакова:



а – в сплавах, компоненты которых нерастворимы друг в друге, свойства меняются аддитивно (по линейному закону);

б – при образовании твёрдых растворов свойства сплава меняются по криволинейной зависимости; распад твёрдого раствора ведёт к повышению физических свойств;

в – при образовании твёрдых растворов, обладающих ограниченной переменной растворимостью, свойства в интервале концентраций, отвечающем однофазным твёрдым растворам, изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области – аддитивно;

г – в сплавах, компоненты которых образуют промежуточную фазу  $A_nB_m$ , концентрация промежуточной фазы отвечает максимуму (или минимуму) свойств. Точку перелома называют сингулярной (особой) точкой.

→ проводить физико-химический анализ сплавов, т.е. изучать изменения свойств сплавов в зависимости от изменения состава;

→ определить уровень технологических свойств:

- хорошо деформируются и хорошо свариваются сплавы с типом диаграммы А (диаграммы состояния сплавов, компоненты которых неограниченно растворимы друг в друге)

- наилучшие литейные свойства имеют эвтектические сплавы (типы диаграмм: Б - диаграммы состояния сплавов, компоненты которых нерастворимы друг в друге; В - диаграммы состояния сплавов, компоненты которых образуют промежуточную фазу  $A_nB_m$ ; Г - диаграммы состояния сплавов, компоненты имеют ограниченную переменную растворимость).

→ создавать сплавы с особыми физическими свойствами (при растворении 30 % Ni в Fe теряются ферромагнитные свойства при  $t_{\text{комн}}$ ; твёрдый раствор Fe с 13 % Cr делает его коррозионно-стойким; и т.п.);

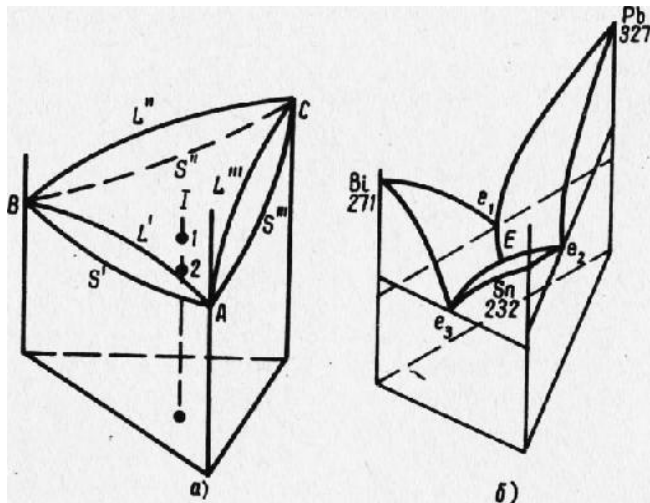
□ для любого сплава определить его Т.О. (какую сделать и зачем)

Из рассмотренных выше типов диаграмм следует, что сплав может оказаться только всего лишь в трёх ситуациях:

- 1) в сплаве нет превращений вплоть до температуры плавления;
- 2) сплав при нагреве пересекает линию переменной растворимости;
- 3) в сплаве происходит смена КР.

Значит существует всего **три подхода Т.О.:**

- 1) Т.О. сплавов, не имеющих фазовых превращений;
- 2) Т.О. сплавов, имеющих ограниченную переменную растворимость компонентов в твёрдом состоянии;
- 3) Т.О. сплавов, компоненты которых имеют полиморфное превращение.



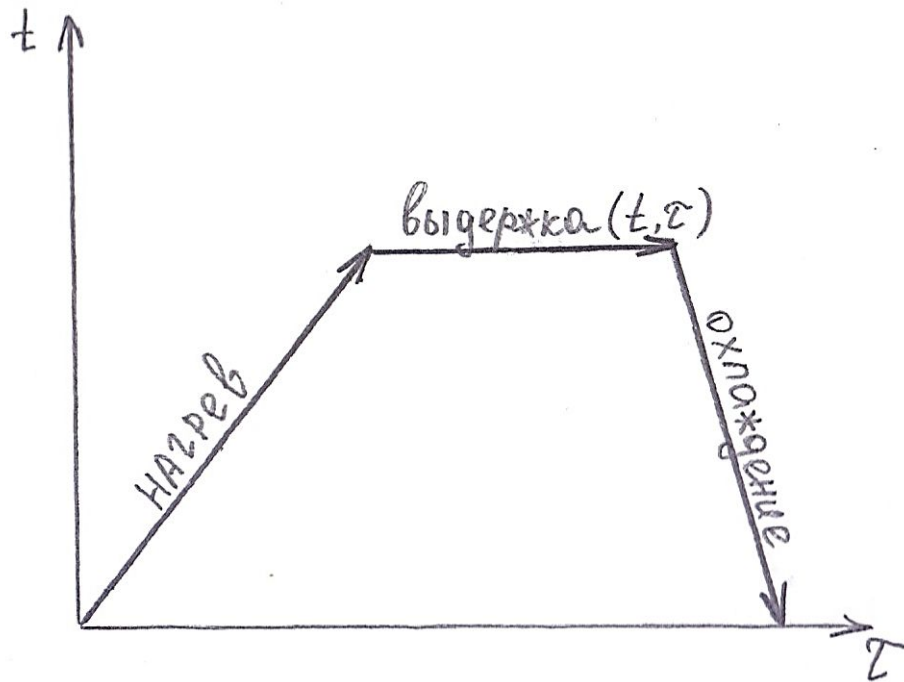
Тройная диаграмма для системы Bi-Pb-Sn

# Глава V «Влияние термической обработки на структуру и свойства сплавов»

## § 1. Общие понятия

Термическая обработка (Т.О.) – это тепловое воздействие на металл/сплав (изделие), приводящее к изменению его структуры и свойств.

Т.О. может состоять из одной или нескольких операций.



$\tau_{\text{выдержки}}$  ИНОГДА не указывается

Самое важное для каждой операции Т.О. – куда нагреть и как охладить !

## Виды Т.О.:

●  
→ Отжиг – термическая обработка, заключающаяся в нагреве (как правило, медленном) металла/сплава (изделия) до определённой температуры, выдержке (длительные) и последующем охлаждении (всегда медленном -  $\sim 20 \div 200$  °С/час, как правило, с печью), проводимая с целью получения структуры наиболее близкой к равновесной.

Отжиг делится на два типа:

- отжиг I рода

в процессе такого отжига фазовые (полиморфные) превращения отсутствуют, а если они и протекают, то не оказывают решающего влияния на конечную структуру; целью такого отжига является снятие химической или физической неоднородности, созданных предыдущими обработками; проводят для любых металлов и сплавов.

- отжиг II рода

в процессе такого отжига протекающие фазовые превращения приводят к достижению практически равновесного структурного состояния; т.е. основное отличие отжига II рода от отжига I рода заключается в протекании фазовой перекристаллизации; проводят для металлов и сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении.

→ Нормализация – это термическая обработка стали, при которой сталь нагревают на  $30 \div 50$  °С выше верхних критических температур  $A_3$  или  $A_{cm}$ , проводят выдержку при этих температурах и охлаждают на спокойном воздухе. Таким образом для сталей, нормализация от отжига отличается более быстрым охлаждением изделия (примерно в 2 раза).

→ Закалка – термическая обработка сплавов, заключающаяся в нагреве (температуры нагрева всегда связаны с критическими точками), выдержке сплава (изделия) и быстром охлаждении (нагретая деталь помещается в закалочный бак, в котором находится закалочная среда: вода ( $v_{охл} = \sim 600$  °С/сек), минеральное масло ( $v_{охл} = \sim 60$  °С/сек), соляной раствор  $H_2O + 10\% NaCl$  ( $v_{охл} = \sim 1200$  °С/сек)), проводимая с целью получения неравновесного структурного состояния.

Закалка никогда не бывает последней операцией !!!

*А что проводят после закалки? – Смотря какой сплав, это может быть: старение или отпуск*



□ Старение – термическая обработка, проводимая после закалки без полиморфного превращения (на твёрдый раствор), заключающаяся в выдержке металла/сплава (изделия) при одной или нескольких температурах с целью дисперсионного (т.е. дисперсными частицами) упрочнения (твердения).

□ Отпуск – термическая обработка, проводимая после закалки с полиморфным превращением (закалённого на мартенсит сплава), заключающаяся на нагреве (до температуры нижней критической точки), выдержке и охлаждении, при котором происходит распад мартенсита.

Как при старении, так и при отпуске происходят структурные изменения, приближающие структуру к равновесию.

Термическую обработку подразделяют на предварительную и окончательную.

- Предварительная Т.О. – применяется для подготовки структуры и свойств материала для последующих технологических операций (для обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием).

Операции: отжиг, нормализация

- Окончательная Т.О. – формирует свойства готового изделия.

Операции: закалка, старение, отпуск.

## § 2. Т.О. сплавов, не связанная с фазовыми превращениями.

Т.е. для таких сплавов используют различные виды отжига I рода. Цели могут быть разные. Но общее всегда одно – структура приближается к равновесной и не повышается прочность.

### А. Диффузионный (гомогенизационный) отжиг.

Проблема – наличие химической неоднородности (ликвации) в отливках.

Первые и следующие за ними кристаллы, образующие при кристаллизации жидкой фазы будут иметь разный химический состав. Решение – требуется обеспечить протекание диффузии.

Рычаг воздействия – диффузионный отжиг

$$t_{\text{диф.отжига}} \cong 0,8 \div 0,9 * t_{\text{плавл}}$$

$\tau_{\text{выд.}}$  – длительное

(для стали 20 – 50 ч.,

для Al сплавов 20 – 30 ч.)

