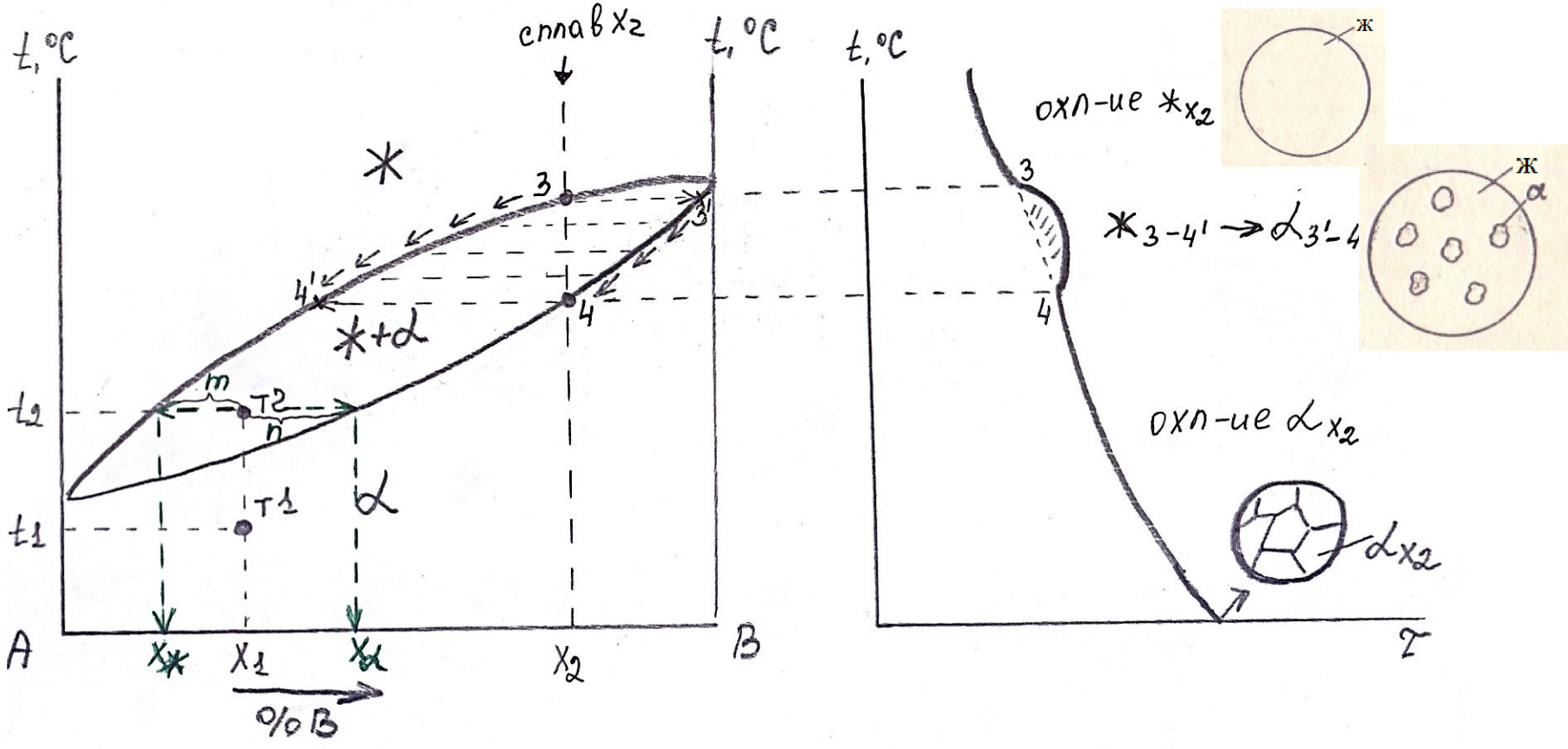
§ 4. Основные типы диаграмм состояния сплавов, их фазовый и структурный анализ.

А. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых неограниченно растворимы друг в друге.

если $\frac{|R_A - R_B|}{R_A} < 7 \div 8\ \%$ и КР А и В одинаковы.

Например, Cu+Au, Cu+Ni.



Анализ любой диаграммы состояния состоит из:

- фазового анализа:

1) описать все фазы и указать их области на диаграмме состояния

ж – жидкий раствор (расплав)

α – твёрдый раствор замещения

2) для любой точки на диаграмме состояния уметь определить химический состав каждой фазы и её количество

т. 1 – сплав состава x_1 при температуре t_1 состоит из одной фазы α, её химический состав x_1, её количество 100 % [краткая запись: $\alpha_{x_1} = 100\ \%$]

т. 2 находится в двухфазной области, для её анализа необходимо воспользоваться двумя правилами:

Правило концентраций показывает химический состав каждой фазы.

Чтобы определить концентрации компонентов в фазах, через данную точку, характеризующую состояние сплава, проводят горизонтальный отрезок (коноду) до пересечения с линиями, ограничивающими данную область; проекции точек пересечения на ось концентраций показывают составы фаз.

через т.2 проводится конода, концы коноды показывают химический состав фаз соответствующих однофазных областей.

т. 2 – сплав состава x_1 при температуре t_2 состоит из двух фаз – α и ж, их химический состав – α_{x_α}, $ж_{x_ж}$.

Правило отрезков показывает количественный состав каждой фазы

Для того, чтобы определить количественное соотношение фаз, через данную точку проводят горизонтальны отрезок (коноду). Отрезки этой коноды между заданной точкой и точками, определяющими составы фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.

точка сплава т. 2 , через которую провели коноду, делит её на две части – m и n; отрезок коноды, противолежащий однофазной области, отвечает за количество этой фазы.

т. 2 – сплав состава x_1 при температуре t_2 состоит из двух фаз – α и ж, их химический состав – α_{x_α}, $ж_{x_ж}$, их количественный состав:

$$\alpha_{x_\alpha} = \frac{m}{m+n} * 100\ \%, \qquad ж_{x_ж} = \frac{n}{m+n} * 100\ \%, \qquad \frac{\alpha_{x_\alpha}}{ж_{x_ж}} = \frac{m}{n}$$

- структурного анализа:

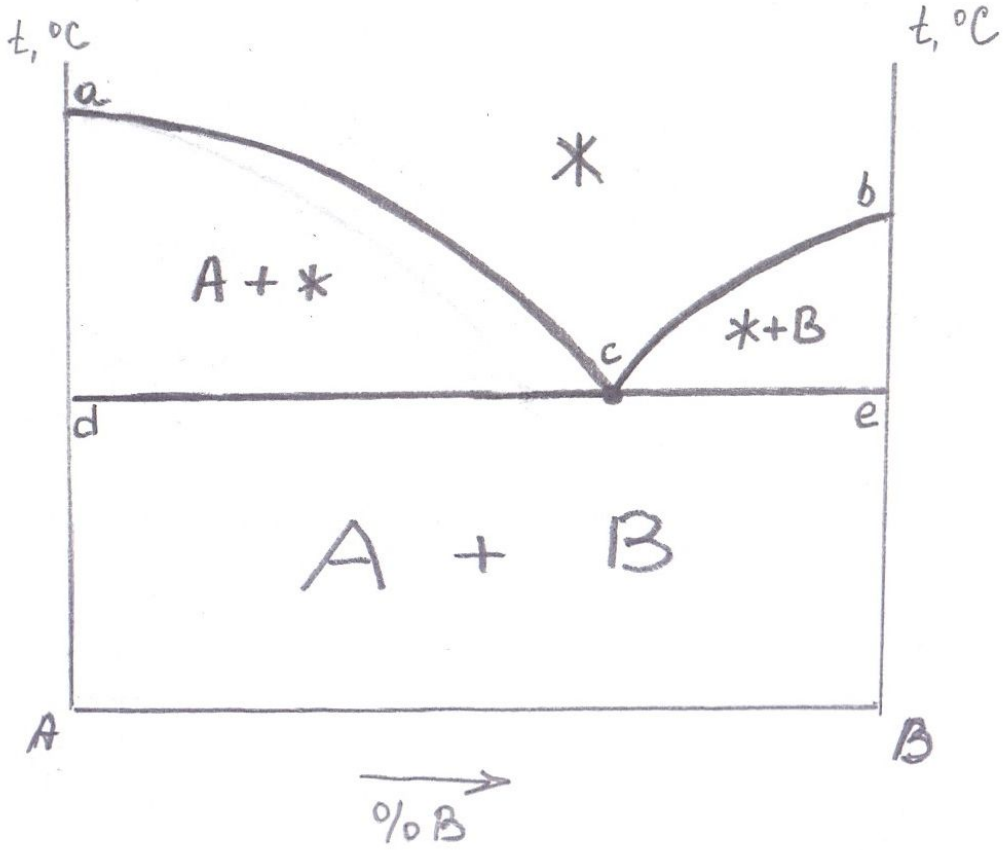
для любого сплава необходимо уметь определить его конечную структуру (она зависит от всех превращений, которые прошли в сплаве)

строится кривая охлаждения сплава, записываются все превращения с указанием изменения химического состава фаз.

Для данной диаграммы состояния необходимо рассмотреть всего один сплав, т.к. все сплавы на диаграмме имеют похожие превращения, а значит и схожие структуры.

Б. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых нерастворимы друг в друге.

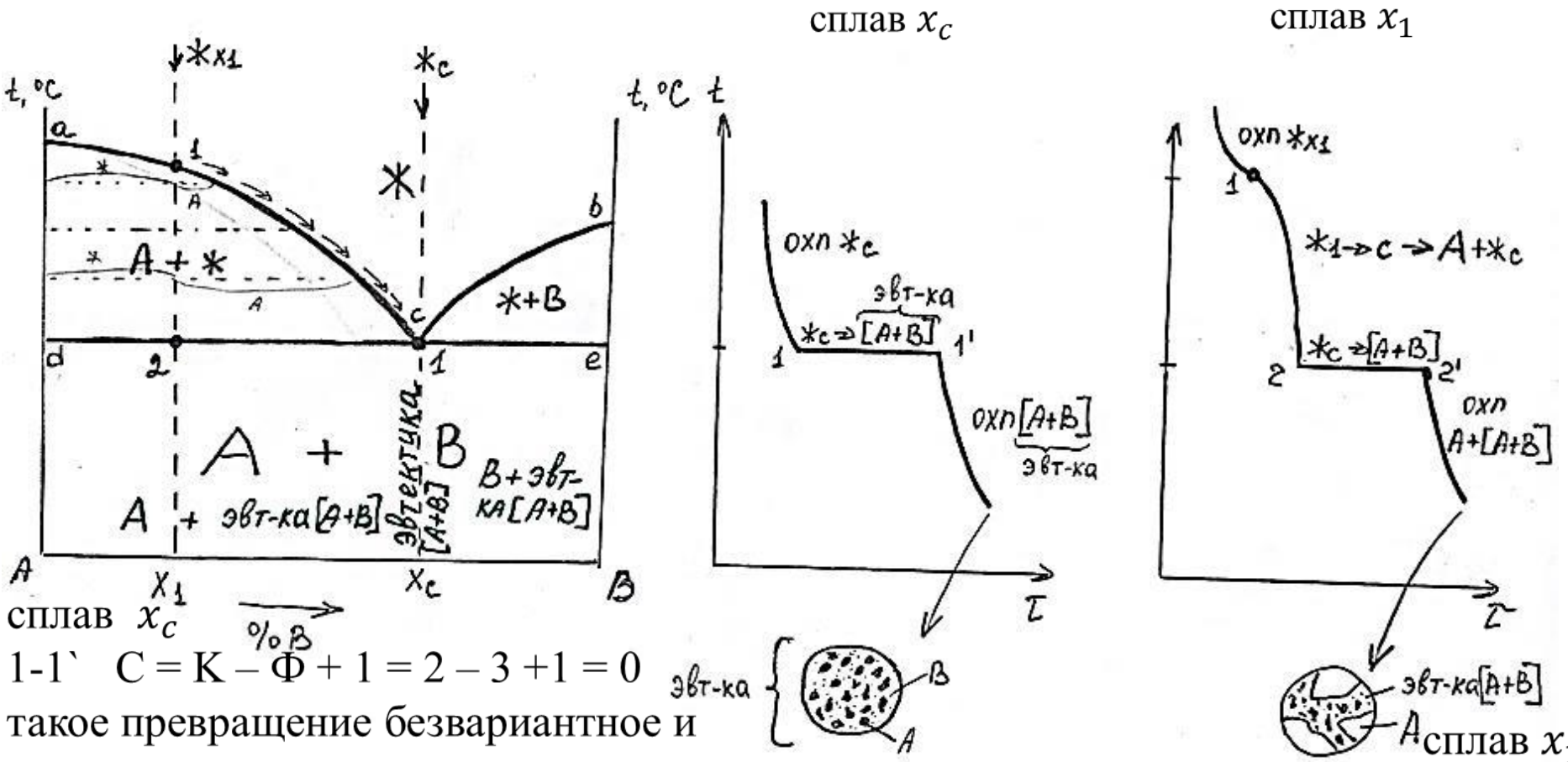
если $\frac{|R_A - R_B|}{R_A} > 15\ \%$, например Fe+Pb, Fe+Bi, Pb+Sb и др.



Линия ликвидус – acb; линия солидус – dce.

Фазовый анализ – ж, кристаллы А и кристаллы В.

Для проведения структурного анализа необходимо рассмотреть всего лишь кристаллизацию двух сплавов.



сплав x_c

1-1` $C = K - Ф + 1 = 2 - 3 + 1 = 0$

такое превращение безвариантное и называется эвтектическим превращением

$ж_c \rightarrow$ эвтектика [A + B]

1-2 $ж_{1-c} \rightarrow A + ж_c$

2-2` $A + ж_c \rightarrow A + $ эвтектика [A + B]

Фазовый анализ – ж, кристаллы А и кристаллы В. *Структурный анализ*:
3 структурных составляющих – кристаллы А и В, эвтектика [А+В].
Сплавы: от А до x_c назыв. доэвтектические, от x_c до В – заэвтектические, x_c - эвтектический

Эвтектиктическое превращение – превращение, в результате которого происходит образование эвтектики; протекает при постоянной температуре и неизменных составах участвующих фаз, одной из которых является жидкость.

Эвтектика (от греч. *eutekos* – «хорошо, легко плавящийся») – 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 из расплава при его эвтектической кристаллизации.

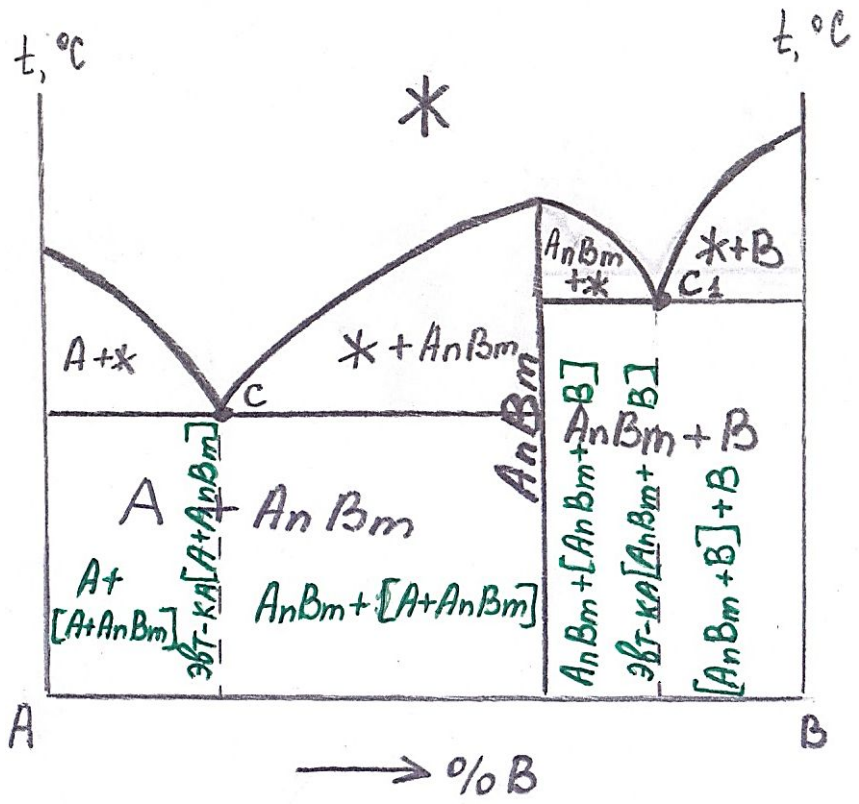
Эвтектическая «колония» представляет собой взаимно проросшие, сильно разветвлённые кристаллы разных фаз. Кристалл каждой из фаз имеет множество ответвлений, в результате чередования фаз в пространстве на металлографическом шлифе видна картина «смеси» этих фаз. Т.е. эвтектическая «колония» по сути является бикристаллом – двухфазным сростком двух сильно разветвлённых кристаллов разных фаз.

Каждая эвтектическая «колония» растёт из одного своего центра, её зарождение инициирует одна из фаз (базовая), вторая фаза зарождается на базовой, как на подложке. Ответвления базовой фазы растут быстрее, а между ними формируются ответвления второй фазы. Облик эвтектической «колонии» определяет базовая фаза.

В. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых образуют промежуточную фазу (A_nB_m).

Различают всего три типа таких диаграмм:

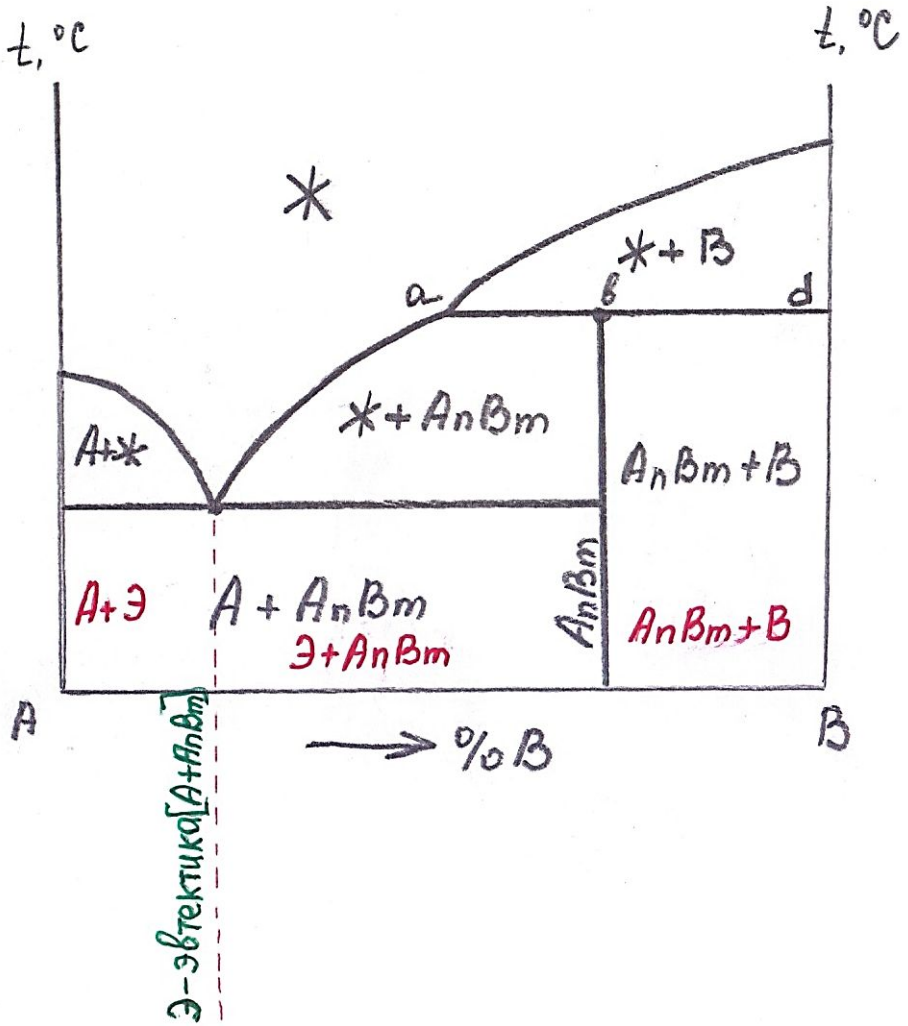
- диаграмма с устойчивым промежуточным соединением (конгруэнтное плавление – до расплавления промежуточное соединение не распадается).



Фазовый анализ – ж, кристаллы А, В и A_nB_m.

Структурный анализ: 5 структурных составляющих – кристаллы А, В и A_nB_m, эвтектика [А+ A_nB_m] и эвтектика [В+ A_nB_m].

- диаграмма с неустойчивым промежуточным соединением (до расплавления промежуточное соединение распадается)



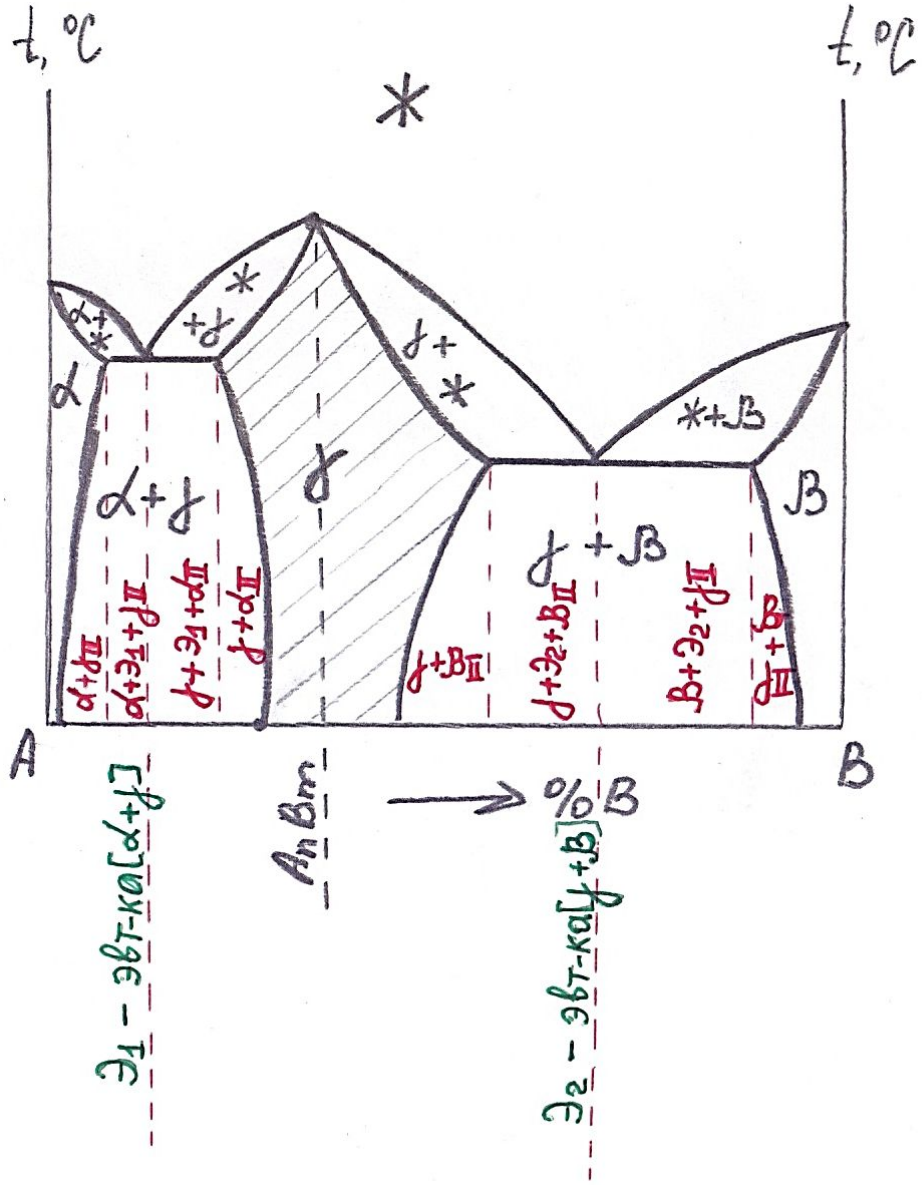
при достижении горизонтали abd инконгруэнтное (состав жидкости не совпадает с составом твердой фазы) плавление:

$$ж_a + B_d \rightarrow A_nB_m$$

Фазовый анализ – ж, кристаллы А, В и A_nB_m.

Структурный анализ: 4 структурных составляющих – кристаллы А, В и A_nB_m, эвтектика [А+ A_nB_m].

- диаграмма с твёрдым раствором на базе промежуточного соединения (с конгруэнтным плавлением)



Фазовый анализ – ж, кристаллы α, β и γ.

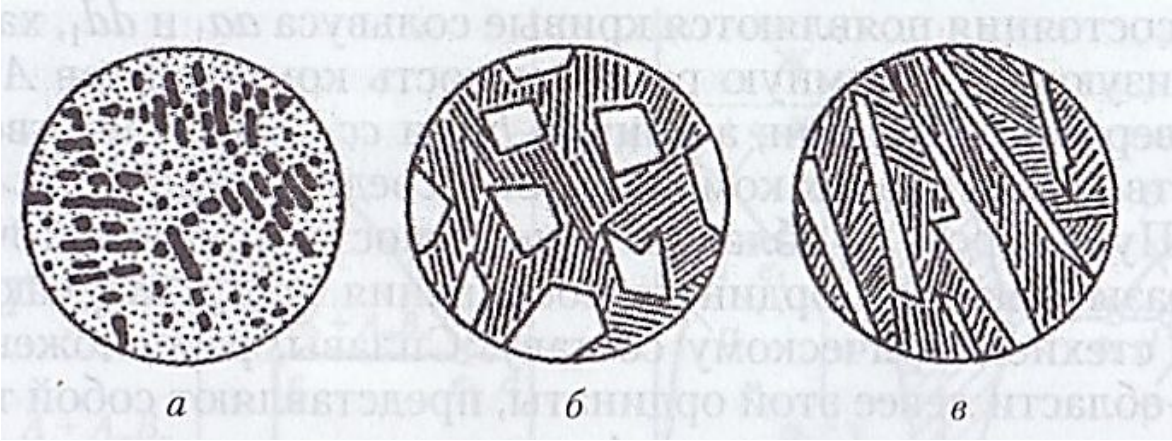
Структурный анализ: 8 структурных составляющих – кристаллы твёрдых растворов α, β и γ, эвтектика $Э_1$ $[\alpha + \gamma]$, эвтектика $Э_2$ $[\gamma+\beta]$, вторичные кристаллы α_{II}, β_{II} и γ_{II}.

- Промежуточная фаза постоянного или переменного состава, выделяющаяся в виде первичных кристаллов на микрошлифе может выглядеть по-разному:

а - в виде округлых или овальных включений (Cu_2O, Cu_3P, Pb_3Ca и др.);

б - в виде многоугольников с резко очерченными огранными формами (SnSb, WC, Fe_3P и др.);

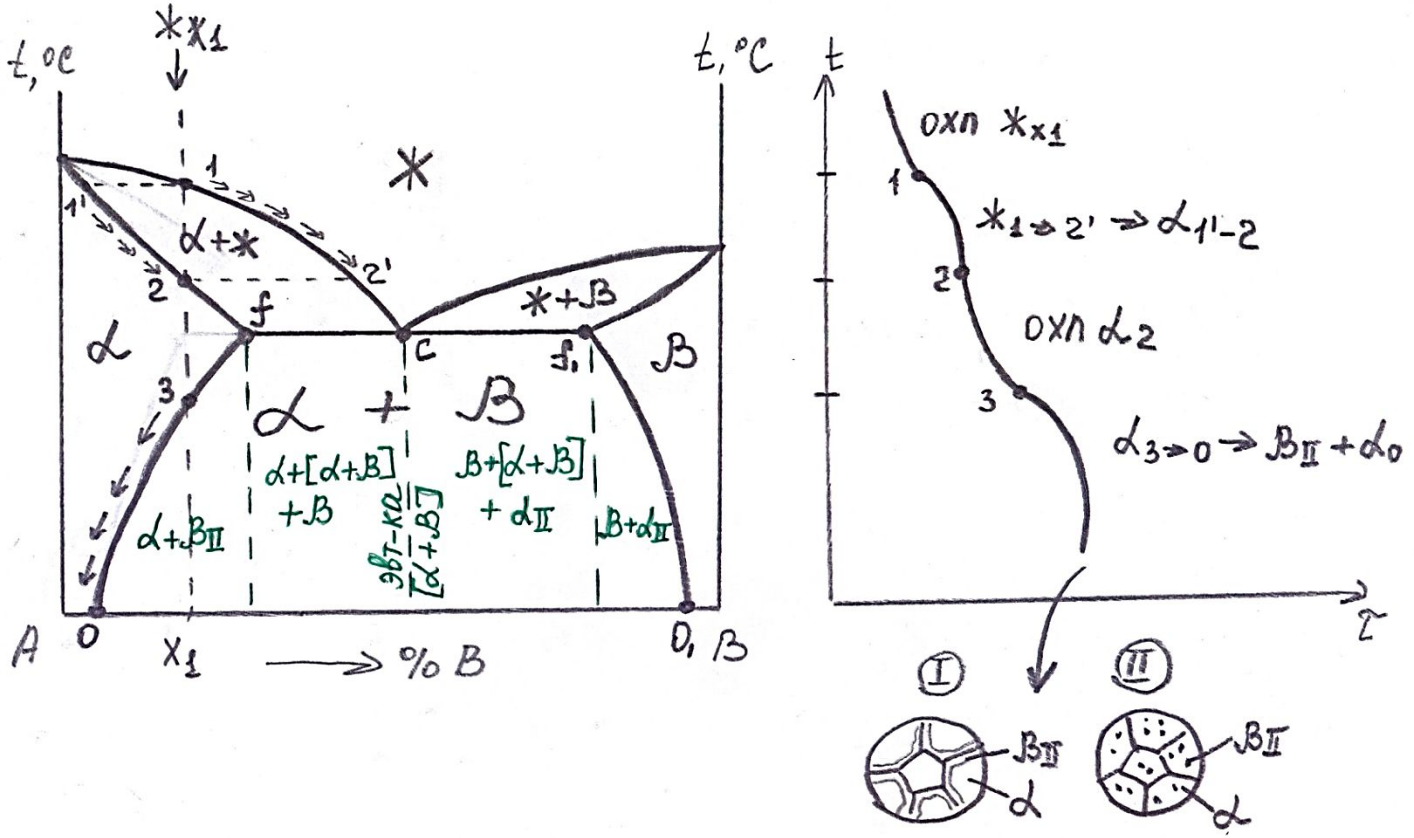
в - в виде пластинчатой или игольчатой формы ($FeAl_3, MnAl_6$ и др.).



Г. Диаграммы состояния сплавов, компоненты имеют ограниченную переменную растворимость. (если $\frac{|R_A - R_B|}{R_A} \leq 8 \div 15\ \%$)

Различают два типа таких диаграмм:

- диаграмма с эвтектикой



Фазовый анализ – ж, кристаллы α, β.

Структурный анализ: 5 структурных составляющих – кристаллы твёрдых растворов α и β, эвтектика $[\alpha + \beta]$, вторичные кристаллы α_{II} и β_{II}.

Линии of и o_1f_1 называются линиями переменной растворимости (или линиями сольвуса [от англ. *solve* - растворять и лат. суффикса *us*]).

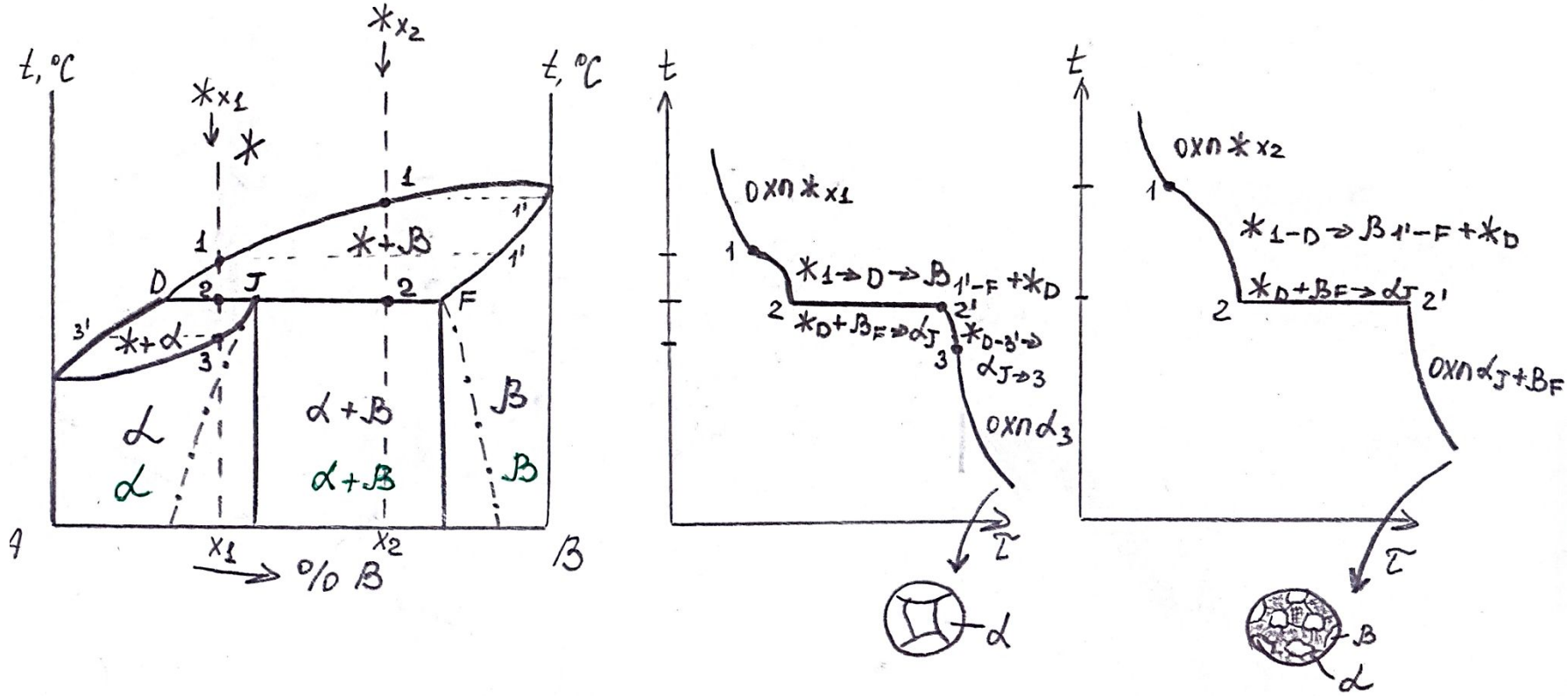
Линия of показывает, что при понижении температуры растворимость атомов компонента В в α твёрдом растворе снижается, это приводит к выделению вторичных кристаллов β_{II} твёрдого раствора, обогащённых атомами В.

Линия o_1f_1 показывает, что при понижении температуры растворимость атомов компонента А в β твёрдом растворе снижается, это приводит к выделению вторичных кристаллов α_{II} твёрдого раствора, обогащённых атомами А.

Для сплава x_1 при достижении линии переменной растворимости of :

$$\alpha_{3\to0} \to \alpha_0 + \beta_{II}$$

- диаграмма с перетектикой



При достижении линии DJF сплав претерпевает безвариантное превращение (C = K – Ф + 1 = 2 – 3 +1 = 0), оно называется перетектическим:

$$ж_D + \beta_F \rightarrow \alpha_J$$

при этом превращение идёт при строго определённом соотношении фаз:

$$\frac{ж}{\beta} = \frac{JF}{DJ}$$

при нарушении пропорции одна из фаз остаётся в избытке.

Перетектиктическое превращение – процесс взаимодействия кристаллов твёрдого раствора с жидкостью, происходящий изотермически при постоянной концентрации фаз и приводящий к образованию кристаллов другого твёрдого раствора.

Перетектика (от греч. *periteko* – «плавлю, расплавляю, разжижаю») – твёрдый раствор, образовавшийся в результате взаимодействия жидкой и твёрдой фазы.

Сплавы от D до J называют доперетектическими, от J до F – заперетектическими, а сплав J – перетектическим.

Фазовый анализ – ж, кристаллы α, β.
Структурный анализ: 2 структурных составляющих – кристаллы твёрдых растворов α и β.