



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Факультет Машиностроения, металлургии и транспорта
Кафедра «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»

Раздел 4

ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

Самара 2019 г.

Диаграмма состояния системы с бинодальной кривой

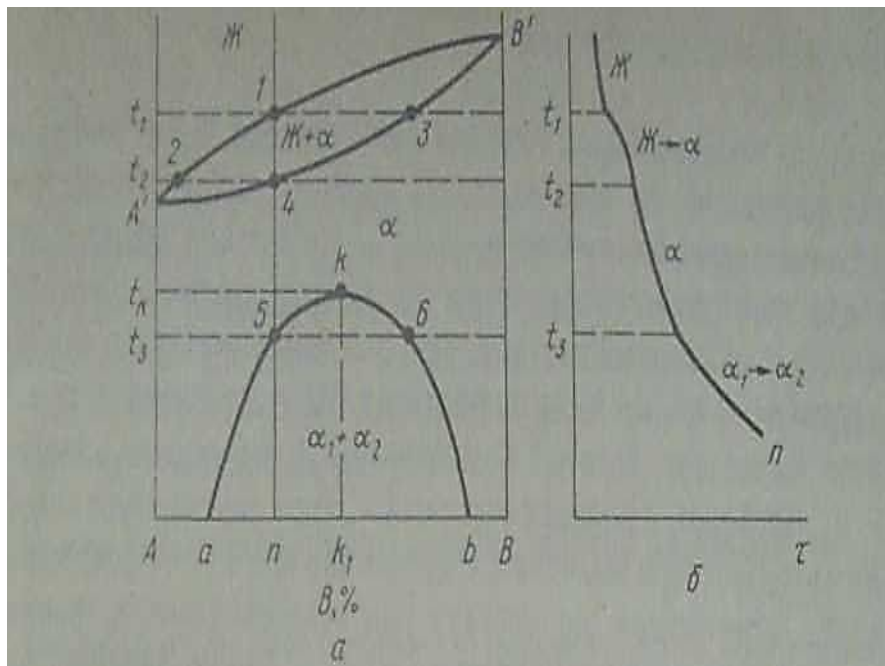
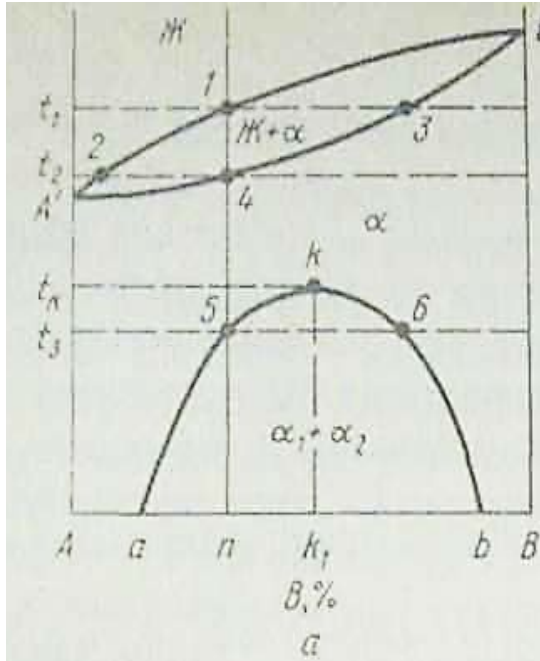


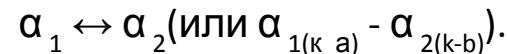
Рис.5

Сравнительно часто в системах с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях наблюдается разрыв этой растворимости при низких температурах. На диаграмме состояния такой системы (рис. 5, а) имеется двухфазная область $\alpha_1 + \alpha_2$ в сплавах которой в интервале температур $t_k - t_{\text{КОМН}}$ наблюдается двухфазное равновесие $\alpha_1 \leftrightarrow \alpha_2$. Здесь α_1 и α_2 - соответственно граничные растворы на основе компонентов A и B . Составы этих растворов при температурах ниже t_k изображаются ветвями ka и kb **бинодальной кривой akb** . Бинодаль akb часто называют также **кривой расслоения**.

Превращения в сплавах при переходе через бинодаль



Рассмотрим превращения в сплавах при переходе через бинодаль. Очевидно, попадая на эту кривую, α_1 (или α_2)-раствор исходного состава становится насыщенным относительно α_2 (или α_1)-раствора другого состава, и при понижении температуры из одного твердого раствора выделяется другой твердый раствор. Так, в сплавах участка $a - k$ при температурах ниже кривой ka из α_1 -раствора, богатого компонентом А, выделяется α_2 -раствор, богатый компонентом В, что можно записать как $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2$. Наоборот, в сплавах участка $k - b$ при температурах ниже кривой kb из α_2 -раствора выделяется α_1 -раствор или $\alpha_2 \rightarrow \alpha_1$. Наконец, в сплаве k_1 , отвечающем по составу критической точке k_1k , распад α -раствора при понижении температуры ниже t_k можно записать как



По существу, все три записи аналогичны, так как описывают один и тот же процесс расслоения исходного α (или α_1 или α_2)-раствора на области (слои) разного химического состава (α_1 и α_2) или, иными словами, распад исходного $\alpha_{1(k-a)}$ -раствора с образованием другого $\alpha_{2(k-b)}$ -раствора, в результате чего сплав из однофазного становится двухфазным $\alpha_1 + \alpha_2$.

Фазовые превращения в сплаве n

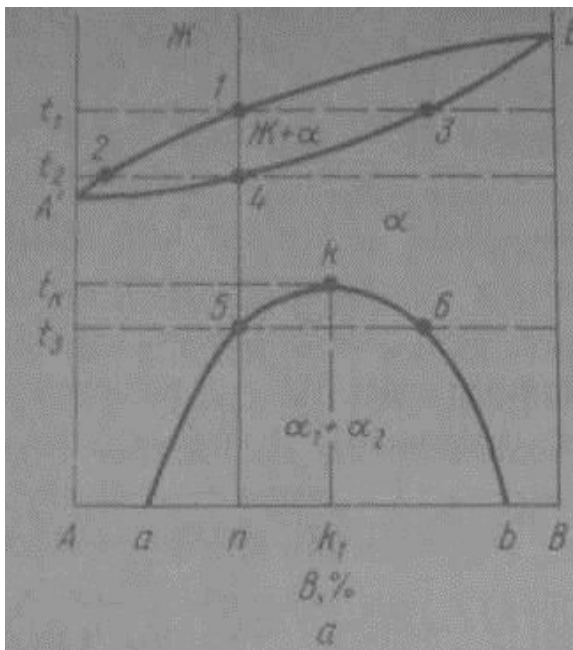
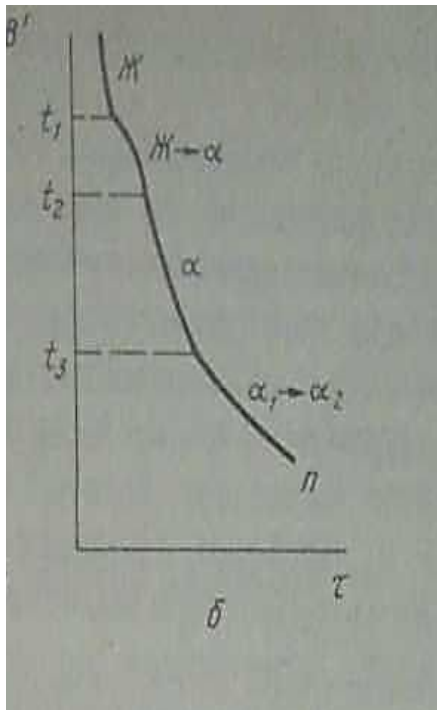


Рис.5,
а

Графическое изображение превращений в одном из сплавов рассматриваемой системы, в частности, сплаве n показано на рис. 5, а. В интервале температур $t_1 - t_2$ этот сплав закристаллизуется как твердый а-раствор, что можно записать как $Ж_{1-2} \rightarrow \alpha_{3-4}$. При охлаждении от температуры t_2 до t_3 в сплаве не происходит фазовых превращений. Как только температура сплава понизится до t_3 (точка 5 на кривой ka), α_1 -раствор состава точки 5 окажется насыщенным относительно другого α_2 -раствора, и при дальнейшем понижении температуры пойдет превращение $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2$. Состав образующегося α_2 -раствора определится точкой 6 на кривой kb . При понижении температуры от t_3 до комнатной состав распадающегося α_1 -раствора изменится по кривой ka в направлении от точки 5 к точке а, а состав выделяющегося α_2 -раствора - по кривой kcb в направлении от точки 6 к точке b, т.е. $\alpha_{1(5-a)} \rightarrow \alpha_{2(6-b)}$. Как и при кристаллизации, для протекания превращения $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2$ требуется переохлаждение сплава ниже кривой ka .

Кривая охлаждения сплава n



На кривой охлаждения сплава n наблюдаются три критические точки (рис. 5, б): две верхние отвечают температурам ликвидуса и солидуса (t_1 и t_2), а нижняя (t_3) - температуре начала распада α_1 -раствора.

Распад твердых растворов при понижении температуры в системах с бинадальными кривыми обусловлен усилением взаимодействия одноименных атомов $A - A$ и $B - B$ по сравнению с взаимодействием разноименных атомов $A - B$, т.е. стремлением атомов одного сорта окружить себя атомами того же сорта

Рис.5,б

Механизмы распада пересыщенных твердых растворов

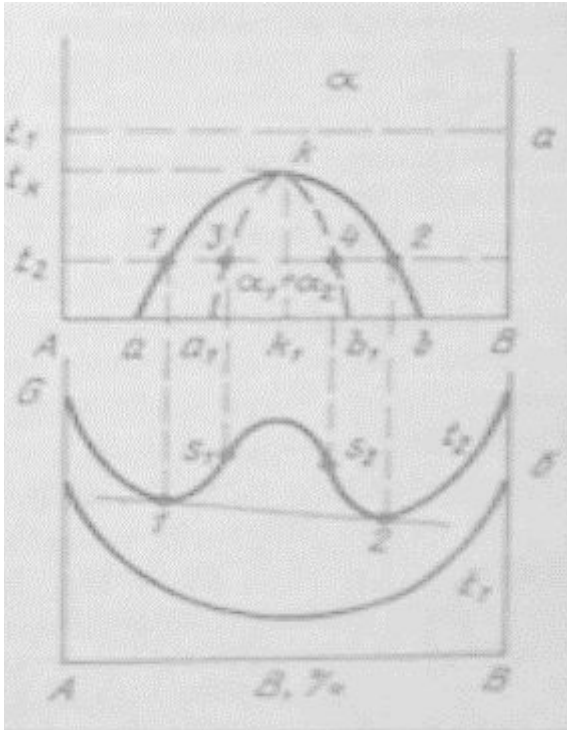


Рис. 6

Распад может идти по двум различным механизмам: а) спиnodального распада и б) образования и роста зародышей.

Особенности **спиnodального распада** поясним с помощью рис. 6, на котором в верхней части показана бинадаль $a1k2b$, а в нижней - зависимости энергии Гиббса α -раствора при температурах $t_1 > t_k$ и $t_2 < t_k$. При температуре t_1 стабильна одна фаза и кривая энергии Гиббса α -раствора на всем протяжении своей выпуклостью обращена вниз. Наоборот, при температуре t_2 в интервале концентраций 1-2 стабильна не одна, а две твердые фазы составов точек 1 и 2, положение которых определяется точками касания общей касательной 1-2 к двум участкам кривой энергии Гиббса.

Участок $1s_1s_22$ этой кривой относится к твердым α -растворам, неустойчивым при температуре t_2 , так как на этом участке энергии Гиббса одной фазы больше энергии Гиббса смеси двух фаз составов точек 1 и 2.

Из изложенного следует, что в сплавах, расположенных по обе стороны от критической точки k , сколь угодно малое расслоение исходного α -раствора с самого начала может протекать с уменьшением энергии Гиббса. Для начала распада α -раствора не требуется образования критических зародышей новой фазы, что всегда сопровождается начальным повышением энергии Гиббса. Такой распад получил название **спиnodального** и происходит сразу по всему объему кристаллов исходного твердого раствора.

Распад с образованием и ростом зародышей новой фазы

Распад с образованием и ростом зародышей новой фазы в отличие от спиnodального распада происходит как образование и последующий рост зародышей новой фазы. При образовании зародышей с размерами меньше критического энергия Гиббса сплава повышается и, наоборот, рост зародышей с размерами больше критического всегда сопровождается уменьшением энергии Гиббса.

В системах с бинодальной кривой (см. рис. 6, а) распад твердого раствора с образованием и ростом зародышей протекает в сплавах, расположенных по составу между бинодалью a_1k_2b и химической спиnodалью $a_13k_4b_1$. Распад по этому механизму наблюдается и в других системах, в которых образующаяся фаза (например, химическое соединение) отличается от исходного твердого раствора не только составом, но и кристаллической структурой.

На начальных стадиях распада межфазные границы когерентны, на более поздних стадиях они превращаются в полу- и некогерентные, так что частицы новой фазы можно увидеть под световым микроскопом.

Распад с образованием и ростом зародышей новой фазы типичен для металлических сплавов и наиболее распространен.