

93

hл

**МОСКОВСКИЙ
ИНЖЕНЕРНО
ФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

А. Н. РОЗАНОВ

**ПОСОБИЕ
ПО МЕТАЛЛОГРАФИИ**

АНАЛИЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

МОСКВА 1966

И
621.7110.18
P-64
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

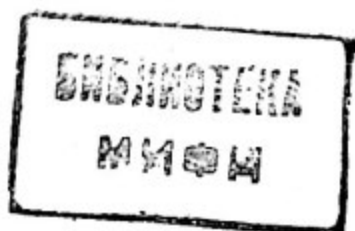
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А. Н. РОЗАНОВ

П О С О Б И Е
ПО МЕТАЛЛОГРАФИИ

АНАЛИЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
(кафедра металлургии и металловедения)*



МОСКВА 1966

1. РАСТВОРИМОСТЬ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ

Диаграммы состояния сплавов показывают, как взаимодействуют между собой данные компоненты в жидком и твердом состояниях.

Компоненты в жидком состоянии растворяются полностью, ограниченно или совсем не растворяются между собой.

На рис. 1 и 2 приведены диаграммы состояния сплавов, компоненты которых полностью растворяются в жидком со-

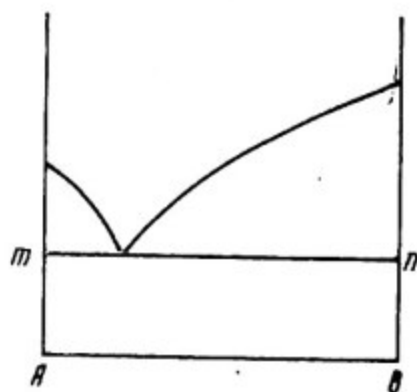


Рис. 1.



Рис. 2.

стоянии. Поэтому выше линии ликвидуса мы будем иметь всегда только одну фазу: жидкий раствор (сплав) из двух компонентов.

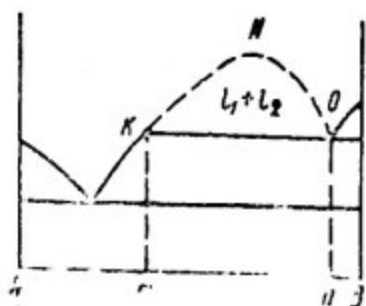


Рис. 3.

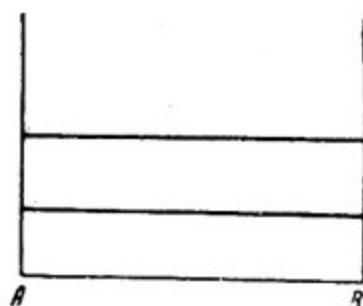


Рис. 4.

На рис. 3. приведена диаграмма состояния сплавов, компоненты которых в жидком состоянии растворяются ограни-

ченно. Вследствие этого в сплавах m в области KNO существуют две жидкие фазы: l_1 и l_2 . На рис. 4 приведена диаграмма, которая показывает отсутствие растворимости в жидком состоянии компонентов.

2. РАСТВОРИМОСТЬ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

В твердом состоянии между компонентами может быть такое же взаимодействие, как и в жидком состоянии, а именно: полностью растворимы (рис. 5), ограниченно растворимы (рис. 6) и совсем нерастворимы (см. рис. 1).

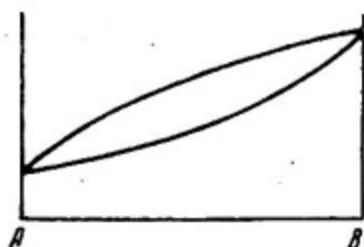


Рис. 5.

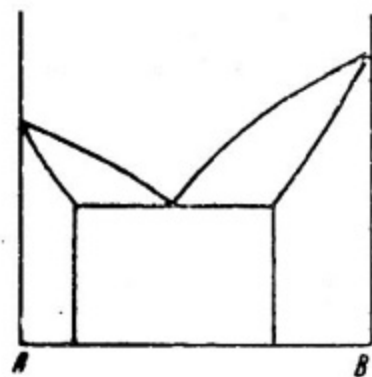


Рис. 6.

Ограниченная растворимость в твердом состоянии может быть в обоих компонентах A в B и B в A (см. рис. 6) или только одного компонента в другом (рис. 7).

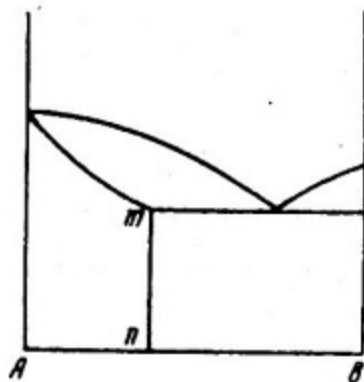


Рис. 7.

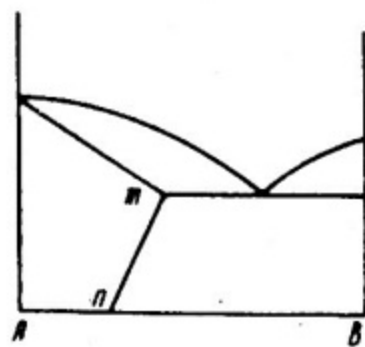


Рис. 8.

На рис. 7 изображена диаграмма состояния сплавов, в которых в твердом состоянии только B ограниченно растворяется в A , а A в B совсем не растворяется.

Растворимость компонентов друг в друге с понижением температуры может не изменяться (см. рис. 7). Растворимость B в A с понижением температуры остается постоянной, о чем свидетельствует вертикальная линия mn (а не прямая, как часто говорят студенты), так как прямая линия может быть и наклонной (см. линию mn на рис. 8). При наличии наклонной прямой растворимость B в A будет уменьшаться при понижении температуры сплава.

Растворимость в твердом состоянии с понижением температуры сплава может уменьшаться (см. рис. 8) или увеличиваться (рис. 9). Однако при этом продолжение линии nm вверх

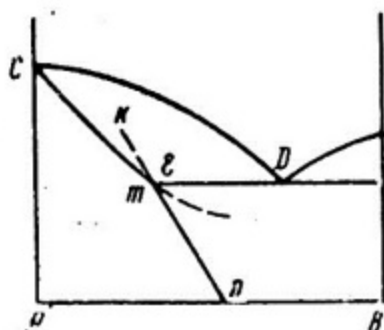


Рис. 9.

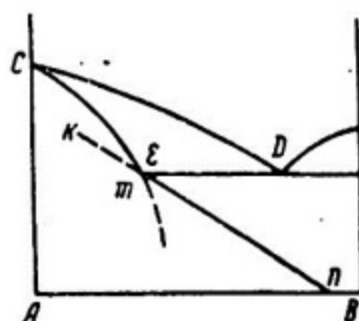


Рис. 10.

(линия mk) должно обязательно попасть в двухфазную область ECD . Если продолжение линии nm (линия mk) не попадает в область ECD (рис. 10), значит, диаграмма построена неправильно. Продолжение линии CE вниз также показы-

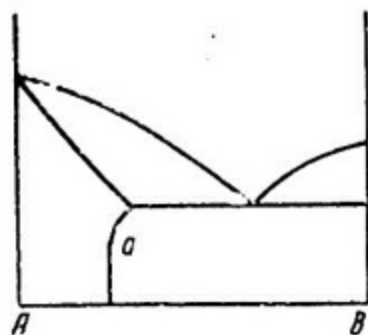


Рис. 11.

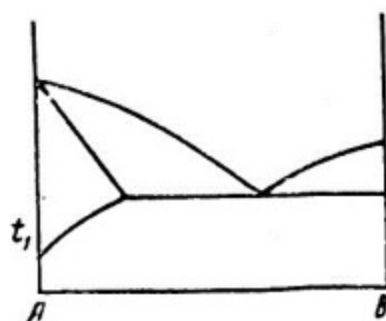


Рис. 12.

вает на правильно (см. рис. 9) и неправильно (см. рис. 10) построенные диаграммы состояния сплавов. Растворимость в твердом состоянии с понижением температуры может изменяться и так, как показано на рис. 11, т. е. растворимость сна-

Чала уменьшается до точки a , а потом остается постоянной или, как показано на рис. 12, растворимость B в A уменьшается с понижением температуры и при температуре t' стала равна нулю. Могут быть и другие случаи изменения растворимости.

3. ДРУГИЕ ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ

При затвердевании сплавов кроме образования твердых растворов (ограниченных или неограниченных) компоненты образуют на линии mn механические смеси: эвтектики

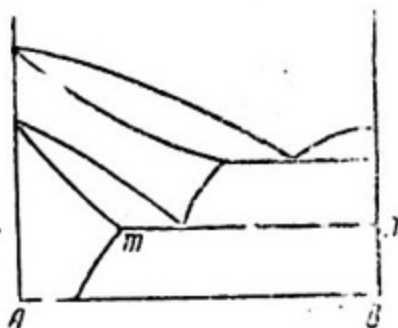


Рис. 13.

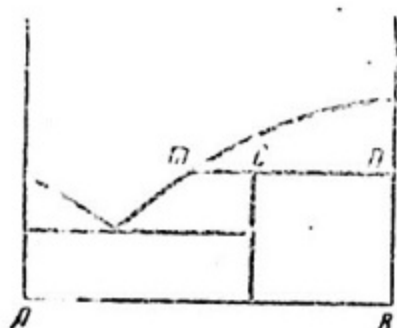


Рис. 14.

(см. рис. 1), эвтектоиды (рис. 13), перитектики (рис. 14; на линии mn происходит перитектическая реакция), перитектоиды (рис. 15). На линии mn происходит перитектоидная реак-

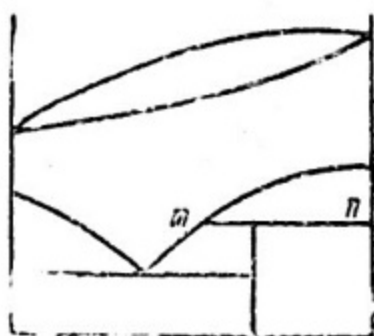


Рис. 15.

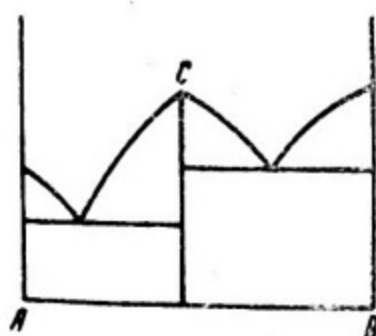


Рис. 16.

ция. Образуются также химические устойчивые (рис. 16) и неустойчивые соединения C (см. рис. 14).

Если компоненты претерпевают аллотропические превращения, то новые модификации этих компонентов могут по-новому взаимодействовать между собой. Так, например,

A и B полностью растворяются как в жидком, так и в твердом состоянии, а после аллотропического превращения A_1 и B_1 совсем не растворяются друг в друге (рис. 17). Новые модификации A_1 и B_1 могут вступать в любое взаимодействие: растворяться друг в друге полностью или ограниченно, образовывать химические соединения и т. д. В «двухэтажных» диаграммах состояния сплавов нижняя часть диаграммы показывает взаимодействие модификаций A_1 и B_1 (см. рис. 17). Причиной возникновения нижней части диаграммы является аллотропическое превращение A и B .

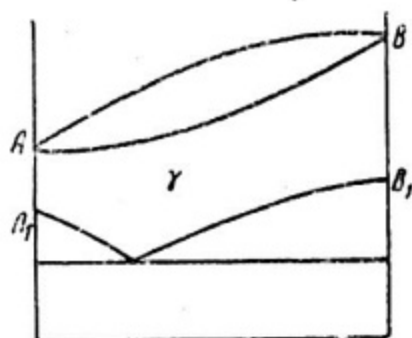


Рис. 17.

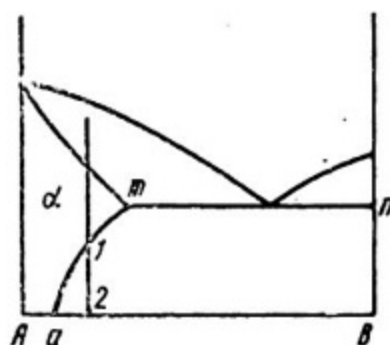


Рис. 18.

После затвердевания в некоторых сплавах происходят различные процессы. Так, например, вследствие уменьшения растворимости компонентов с понижением температуры из твердого раствора α (рис. 18) от точки 1 до точки 2 будут выделяться кристаллы компонента B . Такой процесс будет происходить при охлаждении сплавов во всей области amB . Если растворимость B в A с понижением температуры будет увеличиваться (рис. 19), то при охлаждении в области amB будет происходить растворение кристаллов B в твердом растворе α .

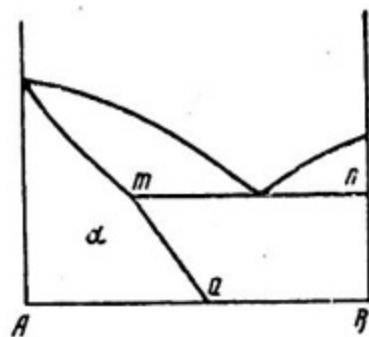


Рис. 19.

Может также происходить распад твердого раствора γ (см. рис. 17). Твердый раствор γ при охлаждении распадается на чистые A_1 и B_1 , так как эти модификации не растворяются друг в друге. В твердом состоянии происходят аллотропические, эвтектондные, перитектондные и другие превращения.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

Под характеристикой диаграмм состояния сплавов подразумеваются все виды взаимодействия компонентов в жидком и твердом состояниях. Так, например, диаграмма состояния сплавов, изображенная на рис. 1, должна иметь следующую характеристику: диаграмму состояния сплавов из двух компонентов A и B , которые полностью растворяются в жидком состоянии и не растворяются в твердом состоянии. При затвердевании из жидкого сплава выделяются кристаллы чистых компонентов, т. е. кристаллы A и B .

Диаграмма, изображенная на рис. 17, имеет следующую характеристику: диаграмму состояния сплавов из двух компонентов A и B , которые полностью растворяются в жидком и твердом состояниях. При температурах t_1 и t_2 компоненты претерпевают аллотропические превращения $A \rightarrow A_1$ и $B \rightarrow B_1$. Новые модификации A_1 и B_1 образуют диаграмму с отсутствием растворимости в твердом состоянии. В других сплавах они могут по-разному взаимодействовать между собой и поэтому могут образовывать любой вид диаграммы состояния сплавов.

5. ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В СПЛАВАХ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ И НАГРЕВЕ

В сплаве № 1 (рис. 20 и 21) при охлаждении происходят следующие процессы:

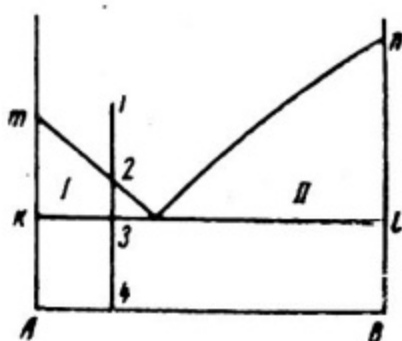


Рис. 20.

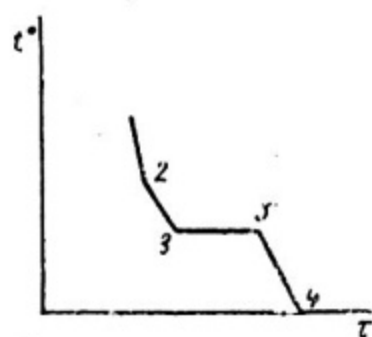


Рис. 21.

От точки 1 до точки 2 — охлаждение жидкого сплава; от точки 2 до точки 3 — выделение кристаллов A из жидкого сплава; от точки 3 до точки 3' — одновременное выделение

кристаллов A и B из жидкого сплава эвтектического состава, или иначе: происходит затвердевание сплава с образованием механической смеси, называемой эвтектикой; в точке $3'$ одновременно с окончанием образования эвтектики закончится затвердевание сплава и далее от точки $3'$ до точки 4 идет охлаждение твердого сплава. Структура сплава: кристаллы A + эвтектика. Фазы: кристаллы A и кристаллы B . При нагревании этого сплава от точки 4 до точки 3 происходит нагрев твердого сплава. Точка $3'$ — начало плавления сплава и эвтектики (одновременно плавятся кристаллы A и B , находящиеся в эвтектике). На участке $3' - 3$ происходит плавление эвтектики, от точки 3 до точки 2 — плавление (или точнее, растворение) кристаллов A . Точка 2 — конец плавления кристаллов A и сплава; участок $2-1$ — нагрев жидкого сплава. При нагреве в точках m и n (см. рис. 20) плавятся чистые кристаллы A и B . В области I происходит растворение кри-

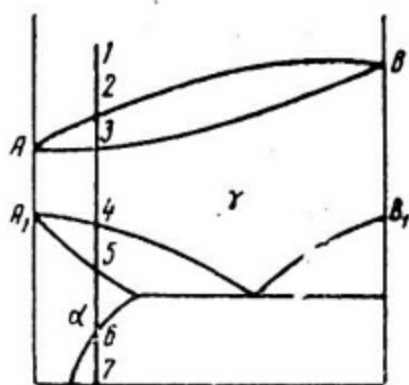


Рис. 22.

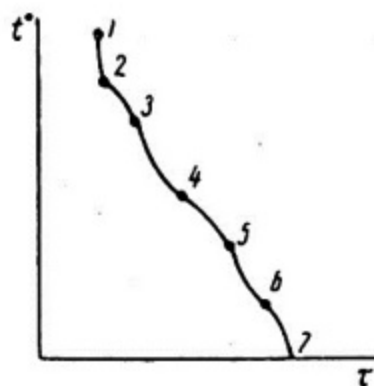


Рис. 23.

сталлов A , а в области II — кристаллов B в жидком сплаве. На линии Kl одновременно плавятся кристаллы A и B , входящие в эвтектику.

На диаграмме (рис. 22) взят сплав, в котором при охлаждении происходят следующие процессы (см. кривую охлаждения на рис. 23):

- 1 — 2 Охлаждение жидкого сплава.
- 2 — 3 Выделение кристаллов твердого раствора A и B — кристаллов γ .
- 3 — 4 Охлаждение кристаллов γ .
- 4 — 5 Аллотропическое превращение γ -раствора в α -раствор (т. е. твердого раствора B_1 в A_1); изменяется кристаллическая решетка твердого раствора.

- 5 — 6 Охлаждение раствора α .
- 6 — 7 Вследствие уменьшения растворимости B_1 в A_1 происходит выделение кристаллов B_1 из твердого раствора α . При нагреве этого сплава происходят следующие процессы:
- 7 — 6 Растворение кристаллов B_1 в твердом растворе α .
- 6 — 5 Нагрев твердого раствора α .
- 5 — 4 Аллотропическое превращение кристаллов α в кристаллы γ .
- 4 — 3 Нагрев кристаллов γ . Здесь возможен также и рост зерен.
- 3 — 2 Плавление кристаллов γ .
- 2 — 1 Нагрев жидкого сплава.

В железоуглеродистых сплавах (рис. 24 и 25) при охлаждении и нагреве происходят следующие процессы (рис. 25а):

- 1 — 2 Охлаждение жидкого сплава (*a*).
- 2 — 3 Затвердевание сплава с образованием кристаллов аустенита — твердого раствора углерода в Fe γ (*b*).
- 3 — 3' Затвердевание сплава с образованием эвтектики, называемой ледебуритом (аустенит + цементит) (*b*).
- 3' — 4 Выделение вторичного цементита из аустенита (*z*).
- 4 — 4' Превращение аустенита в перлит (твердый раствор аустенита распадается на две фазы: феррит и цементит) (*d*).
- 4' — 5 Выделение третичного цементита из феррита, входящего в состав перлита.

Заметных изменений в структуре сплава при этом не происходит. Структура такого сплава (белого чугуна) после охлаждения до комнатной температуры состоит из перлита, вторичного цементита и ледебурита (перлит + цементит). Фазы: феррит и цементит.

При нагревании сплава произойдут следующие процессы:

- 5 — 4' Растворение третичного цементита в феррите. Этот процесс происходит вследствие увеличения растворимости углерода в Fe α .
- 4' — 4 Превращение перлита в аустенит.
- 4 — 3' Растворение вторичного цементита в аустените (процесс аналогичен процессу, происходящему в интервале 5 — 4').
- 3' — 3 Плавление ледебурита.
- 3 — 2 Плавление аустенита.
- 2 — 1 Нагрев жидкого сплава.

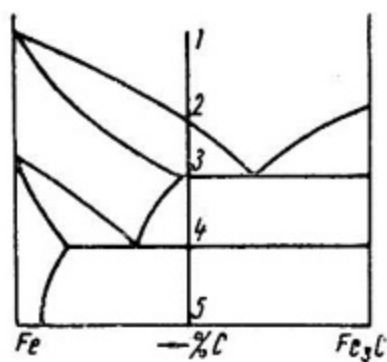


Рис. 24.

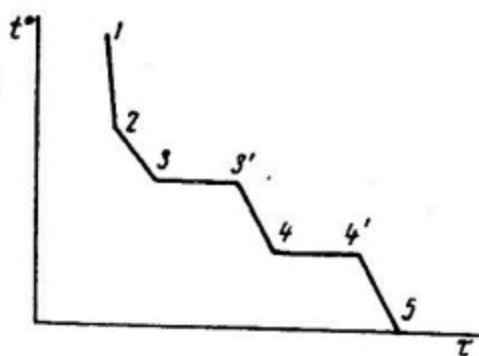


Рис. 25.

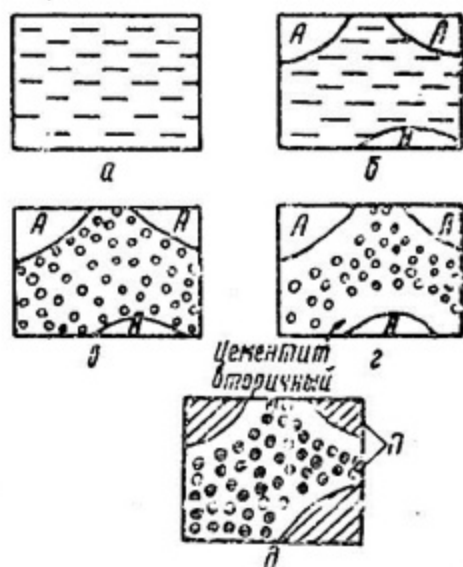


Рис. 25а.

6. АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

На рис. 26 изображена диаграмма состояния сплавов из двух компонентов, которые полностью растворяются в жидком состоянии и ограниченно — в твердом состоянии. Растворимость с понижением температуры A в B уменьшается, а B в A увеличивается. Компоненты A и B образуют также два неу-

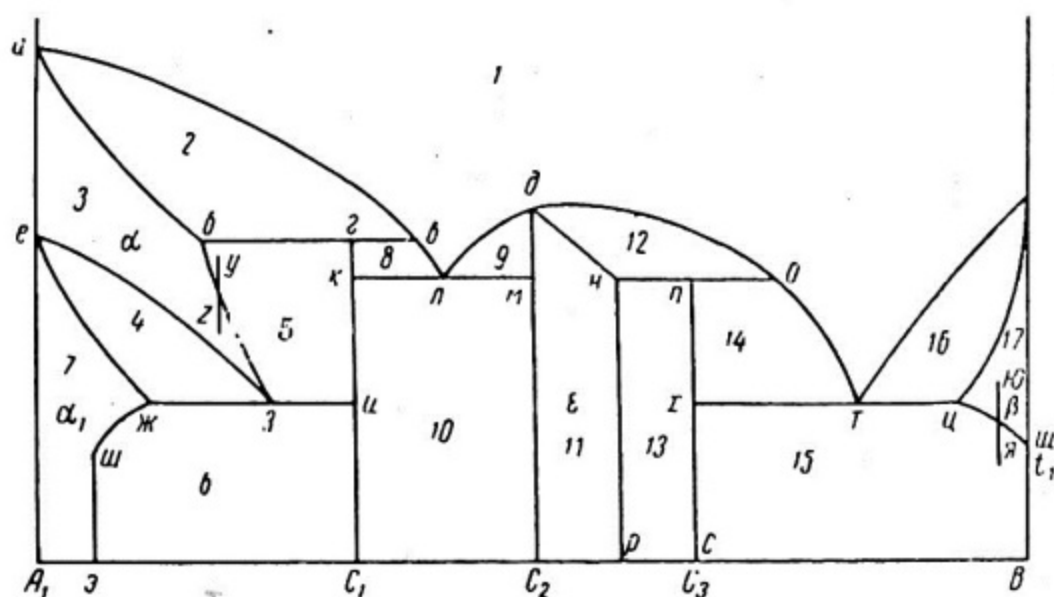


Рис. 26.

стойчивых химических соединения C_1 и C_3 и одно устойчивое химическое соединение C_2 . В сплавах образуются две эвтектики состава z и t . Компонент A претерпевает аллотропическое превращение ($A \rightarrow A_1$) в точке e . B в A_1 растворяется также ограниченно. Растворимость B в A_1 с понижением температуры сначала уменьшается ($жш$), а потом не изменяется ($шэ$). И, наконец, в сплавах образуется эвтектоид состава t . Горизонтальные линии $бв$ и $но$ — перитектические. На этих горизонтальных линиях при охлаждении и нагреве происходят следующие процессы.

На линии $бв$ происходит перитектическая реакция. При охлаждении твердый раствор $α$ состава $б$, взаимодействуя с жидким сплавом состава $в$, образует неустойчивое химическое соединение C_1 . При нагреве на этой линии происходит распад неустойчивого химического соединения C_1 на кристаллы $α$ состава $б$ и жидкий сплав состава $в$. Аналогичные про-

цессы происходят на линии *но*. На эвтектической линии *км* при охлаждении из жидкого сплава состава *л* одновременно выделяются две твердые фазы — химические соединения C_1 и C_2 , в результате чего образуется эвтектика. При нагреве на эвтектической линии происходит плавление эвтектики: кристаллы химических соединений C_1 и C_2 одновременно плавятся, образуя жидкий сплав состава *л*. Аналогичные процессы происходят на эвтектической линии *хц*.

На эвтектоидной линии *жи* происходят процессы, подобные процессам, происходящим на эвтектических линиях, а именно: при охлаждении твердый раствор α состава *з* распадается с одновременным выделением твердого раствора α_1 состава *ж* и химического соединения C_1 .

При нагреве твердый раствор α_1 состава *ж* и C_1 , взаимодействуя между собой, образуют твердый раствор α состава *з*.

В областях при нагреве и охлаждении происходят следующие процессы: в однофазных областях *1, 3, 7, 11* и *17* при нагреве и охлаждении фазовых превращений не происходит.

В двухфазных областях, ограниченных вертикальными линиями справа и слева, также ничего не происходит (см. области *10, 13* и нижние части области *6* и *15*).

В областях *2, 8, 9, 12, 14* и *16* при охлаждении происходит затвердевание сплавов с выделением одной твердой фазы: соответственно кристаллы α , C_1 , C_2 , твердый раствор B в C_2 , C_3 , β . Часто бывает трудно определить процесс, происходящий, например, в такой области, как область *5*. Для определения процесса, происходящего в области *5*, надо провести вертикальную линию *yz* так, чтобы эта линия из двухфазной области перешла в однофазную. В точке *y* (область *5*) имеются две фазы: химическое соединение C_1 и твердый раствор α (твердый раствор B в A); в точке *z* (область *3*) одна фаза: кристаллы α .

Итак, было две фазы C_1 и α , а стала одна фаза. Что же произошло при охлаждении сплава? При охлаждении сплава пропала фаза C_1 : она растворилась в α -фазе.

Теперь можно сказать, что в области *5* при охлаждении C_1 растворяется в α -растворе. Это происходит потому, что с понижением температуры растворимость B в A увеличивается. Поэтому C_1 и растворяется в α -кристаллах.

В верхней части области 15 при охлаждении из β -раствора выделяется C_3^* . Ниже температуры t_1 ничего не происходит, так как ниже t_1 область 15 ограничена вертикальными линиями. В сплавах ниже t_1 вместо твердого раствора β и C_3 находятся чистые кристаллы B и C_3 . Аналогичные процессы происходят и в области 6 .

Теперь ответим на вопрос: сколько и какие фазы находятся на линиях и в областях диаграммы?

Ниже чечевицы всегда одна фаза (см. области 3 , 7 , 11 , 17). В жидкой области тоже одна фаза — однородный жидкий сплав. Во всех остальных областях две фазы. На горизонтальных линиях в двухкомпонентных диаграммах состояния сплавов всегда находится три фазы. Так, например, на перитектической линии $бв$ три фазы: 1) твердый раствор α состава $б$, 2) жидкий сплав состава $в$ и 3) химическое соединение состава $г$.

При нагреве на этой линии неустойчивое химическое соединение C_1 состава $г$ распадается на две фазы: кристаллы α и жидкий сплав состава $в$.

В области 11 ϵ -фаза представляет собой твердый раствор B в химическом соединении C_2^{**} . На линии $дC_2$ ниже точки $д$ находится только одна фаза — твердое химическое соединение C_2 ; в точке $а$ две фазы A — жидкая и твердая; в точке $е$ — две фазы — кристаллы A и A_1 ; в точке $д$ две фазы — кристаллы C_2 и жидкое химическое соединение C_2 . В точках $к$ и $и$ одна фаза — кристаллы C_1 и т. д.

7. ПОЯСНЕНИЯ К НЕКОТОРЫМ НЕ СОВСЕМ ОБЫЧНЫМ ДИАГРАММАМ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ

На диаграмме, изображенной на рис. 27, линии $аб$ и $вб$ сходятся в одной точке $б$ на вертикали $ДВ$. Если диаграмма действительно имеет такой вид, то на линии $вб$ будет происходить затвердевание B и одновременно находиться три фазы:

* См. вспомогательную линию $юя$. Выше линии $цц$ одна фаза β , ниже линии $цц$ две фазы: β и C_3 . Итак, появилась новая фаза C_3 , т. е. при охлаждении в области 15 до температуры t_1 происходит выделение C_3 из β -раствора. При нагревании в этой части области 15 C_3 растворяется в β -фазе. Это происходит потому, что с повышением температуры растворимость A в B увеличивается, поэтому C_3 и растворяется в β -фазе. β -фаза — это твердый раствор не C_3 в B , а A в B .

** Или иначе: в области 11 C_2 представляет собой химическое соединение C_2 с дефицитом атомов A .

кристаллы *A*, кристаллы *B*, жидкое *B*. Эвтектики в таких сплавах не будет (см. правую часть диаграммы состояния сплавов иттрий — бериллий, рис. 28).

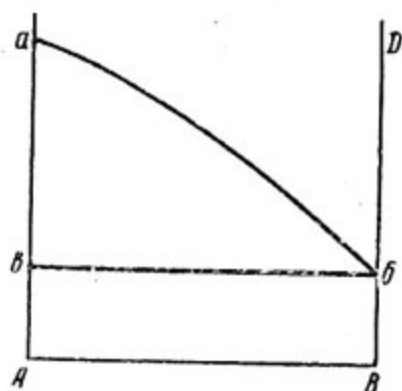


Рис. 27.

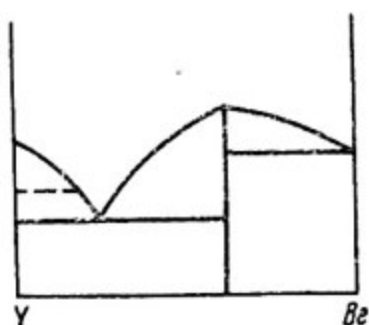


Рис. 28.

На рис. 29 изображена диаграмма с образованием эвтектики, состав которой близок к чистому *B*. Иногда эвтектическая точка настолько близка к ординате, что диаграмму изображают так, как указано на рис. 27 и 28.

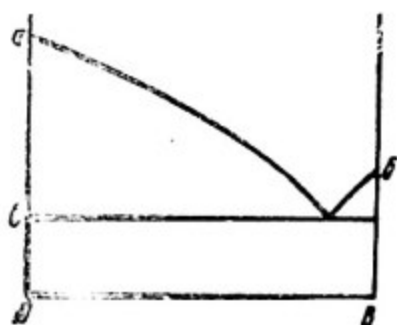


Рис. 29.

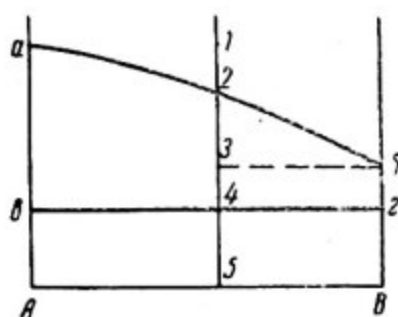


Рис. 30.

На рис. 30 изображена диаграмма состояния сплавов, в которой при охлаждении сначала затвердевает *A*, а потом *B*, при охлаждении сплава *I* будут происходить следующие процессы:

- 1 — 2 Охлаждение жидкого сплава.
- 2 — 3 Выделение кристаллов *A*.
- 3 — 4 Охлаждение кристаллов *A* и жидкого *B*. В точке 4 затвердевание *B*. На линии *bc* три фазы: кристаллы *A*, кристаллы *B* и жидкое *B*.
- 4 — 5 Охлаждение твердого сплава.

При дальнейшем повышении точки b может получиться диаграмма, приведенная на рис. 31, с полным отсутствием растворимости в жидком и твердом состояниях.

Диаграммы состояния сплавов с ограниченной растворимостью в жидком состоянии иногда изображают так, как показано на рис. 32. Это построение неправильное, потому что

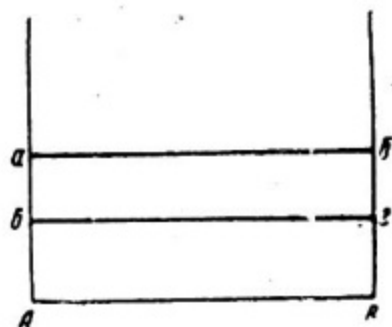


Рис. 31.

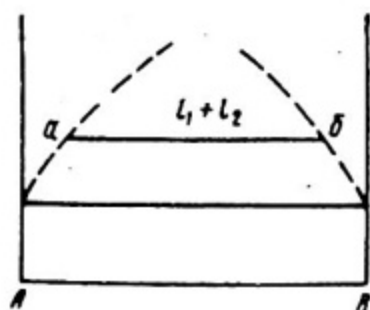


Рис. 32.

на линии ab оказываются только две фазы, а этого не может быть, так как знаем, что на любой горизонтали в диаграммах состояния сплавов из двух компонентов всегда должно быть три фазы. Поэтому такая диаграмма должна быть изображена так, как показано на рис. 33.

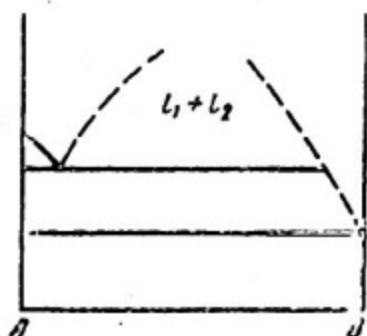


Рис. 33.

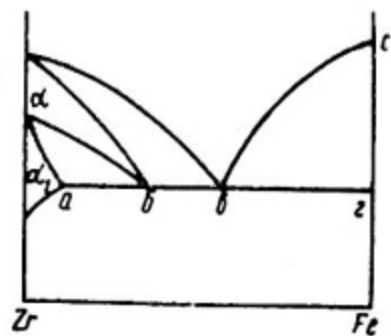


Рис. 34.

На рис. 34 приведена часть диаграммы состояния сплавов $Zr - Fe^*$, где на горизонтальной линии оказалось четыре фазы ($\alpha + \alpha_1 +$ кристаллы $Fe +$ жидкость), чего также не может быть. Эта диаграмма должна иметь иной вид (рис. 35): линия az (см. рис. 34) должна быть разделена на две линии —

* Кашенко Г. А. Основы металловедения. М., Metallurgizdat, 1949 (диаграмма 16).

мн и аб. На этих линиях в сплавах находится по три фазы. При построении диаграммы Fe — Zr автором была допущена ошибка. Аналогичные ошибки можно обнаружить и в других реальных диаграммах состояния сплавов.

На рис. 36 представлена диаграмма с перитектическим превращением на линии *mn*. Это превращение, как уже указывалось, состоит в следующем: при нагреве неустойчивое

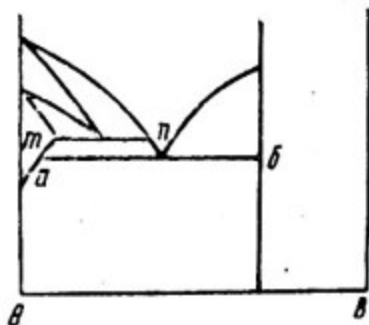


Рис. 35.

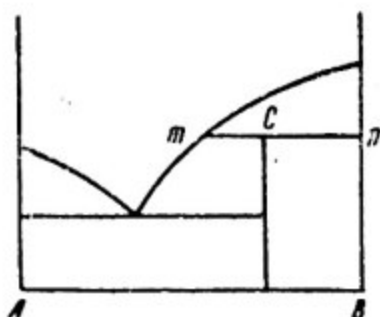


Рис. 36.

химическое соединение *С* распадается на жидкий сплав состава *т* и кристаллы *В*.

На рис. 37 изображена диаграмма, на первый взгляд как бы аналогичная диаграмме, приведенной на рис. 36. Однако аналогия только кажущаяся, так как химическое соединение *С* в этом случае является устойчивым, и на линии *mn* не будет происходить перитектической реакции. Так, при охлаждении сплава *I* от точки *I* до точки *2* будут выделяться кристаллы *В*. В точке *2* из жидкого сплава состава *т*, соответствующего составу химического соединения *С*, будут выделяться кристаллы химического соединения *С*.

В точке *2* — три фазы: жидкость состава *т*, кристаллы *В* и кристаллы химического соединения *С*. Таким образом, на линии *mn* при охлаждении выделяются только кристаллы химического соединения, а при нагреве происходит плавление кристаллов химического соединения, а не распад его на две фазы, как это было на линии *mn* (см. рис. 36). Отсюда следует, что на рис. 37 изображена диаграмма состояния сплавов с устойчивым химическим соединением *С*; если точка *т* будет смещена хотя бы немного вправо, тогда химическое соединение *С* станет неустойчивым.

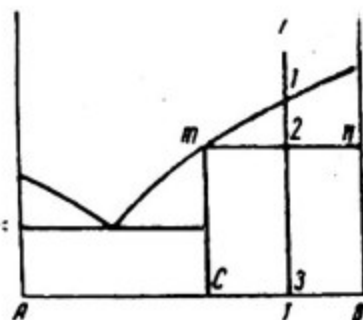
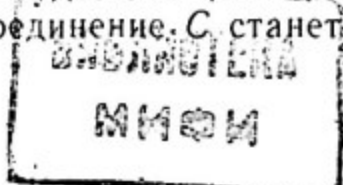


Рис. 37.



бр 16621/52

На рис. 38 изображена диаграмма с двумя вертикальными линиями, идущими от максимума на кривой ликвидуса. Подобные линии, например, могут встретиться на диаграмме $Zr - N^*$. Такое изображение линий неправильно. Можно полагать, что указанные линии должны иметь следующий вид

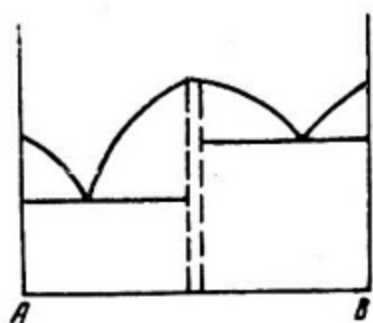


Рис. 38.

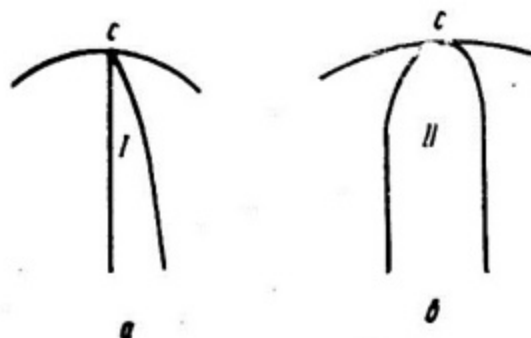


Рис. 39.

(рис. 39, а, б). В однофазной области I (см. рис. 39, а) будет находиться твердый раствор B в химическом соединении. В области II (см. рис. 39, б) левее максимума будет находиться

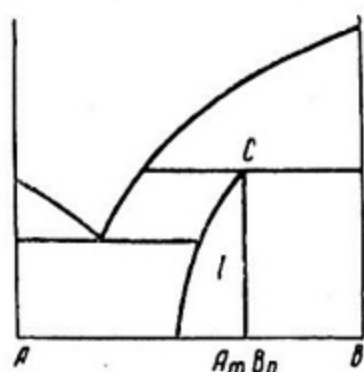


Рис. 40.

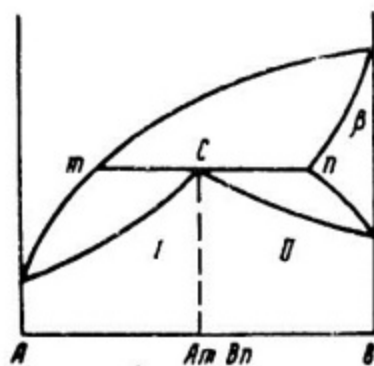


Рис. 41.

твердый раствор A в C , правее максимума — твердый раствор B в C^{**} . На вертикали, проведенной через максимум, будет находиться химическое соединение C .

На рис. 40 и 41 изображены диаграммы состояния сплавов, в которых образуются неустойчивые химические соедине-

* Розанов А. Н., Рябова Г. Г. Задачник по диаграммам состояния сплавов. М., Госатомиздат, 1960 (см. рис. 76).

** Розанов А. Н., Рябова Г. Г. Задачник по диаграммам состояния сплавов. М., Госатомиздат, 1960 (см. диаграмму рис. 114).

ния C . В области 1 (см. рис. 40) находится фаза, представляющая собой твердый раствор A в C ; в области I (см. рис. 41) — твердый раствор A в C ; в области II — твердый раствор B в C . На перитектической линии (см. рис. 41) три фазы: химическое соединение C , жидкий раствор состава m и твердый раствор β состава n .

8. ЗНАЧЕНИЕ ЛИНИЙ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ ПРИ НАГРЕВЕ

На каждой линии диаграммы (за исключением горизонтальных) происходит или начало, или конец какого-то процесса. На горизонтальных линиях происходит начало и конец какого-то процесса.

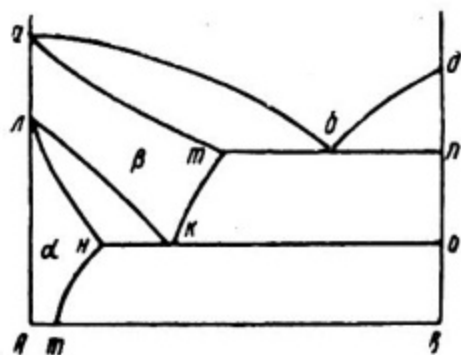


Рис. 42.

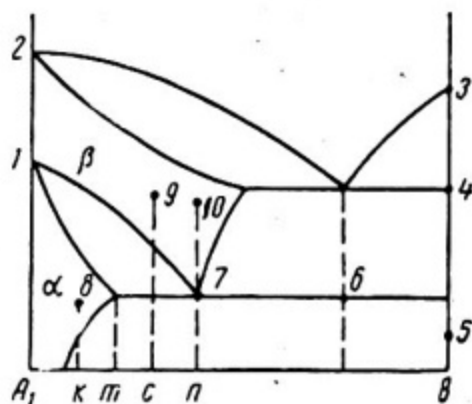


Рис. 43.

Линия mn (рис. 42) при нагреве — конец растворения B в α ; линия nko — начало и конец превращения эвтектоида в β -раствор; линия nl — начало превращения $\alpha \rightarrow \beta$; линия am — начало плавления кристаллов β и т. д.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ФАЗ И ИХ СОСТАВА

В точке 1 (рис. 43) две фазы: кристаллы A и A_1 . Здесь происходит аллотропическое превращение A в A_1 . В точке 2 две фазы: кристаллы A и жидкое A . В точке 3 две фазы: кристаллы B и жидкое B . В точке 4 одна фаза: кристаллы B . В точке 5 одна фаза: кристаллы B . В точках 6 и 7 три фазы: кристаллы B , твердый раствор β состава n и кристаллы α состава m . В точке 8 одна фаза: кристаллы α состава k . В точке 9 одна фаза: кристаллы β состава C . В точке 10 одна фаза: кристаллы β состава n .

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Растворимость в жидком состоянии | 3 |
| 2. Растворимость в твердом состоянии | 4 |
| 3. Другие виды взаимодействия компонентов | 6 |
| 4. Характеристика диаграмм состояния сплавов | 8 |
| 5. Процессы, происходящие в сплавах при охлаждении и нагреве | 8 |
| 6. Анализ сложных диаграмм состояния сплавов | 12 |
| 7. Пояснения к некоторым не совсем обычным диаграммам состояния сплавов | 14 |
| 8. Значение линий диаграммы состояния сплавов при нагреве | 19 |
| 9. Определение числа фаз и их состава | 19 |

Редактор *Л. Г. Девятова*
Техн. редактор *И. М. Суровиков*
Корректор *Н. А. Светлова*

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------|----------------|
| Сдано в набор 31/X-66 г. | Подписано в печать 3/1 1937 г. | Бумага 60×84 ^{1/16} | | |
| Л 81008 | Объем 1,25 печ. л. | Цена 10 коп. | Заказ 918. | Тираж 500 экз. |

Типография МИФИ, М. Пионерская, 12.