

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»

Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ

Методические указания к лабораторной работе
по материаловедению

Санкт-Петербург

2015

УДК 620.18

Диаграммы состояния двойных сплавов: методические указания к лабораторной работе по материаловедению/ сост.: А.В. Гропянов, Н.Н. Ситов, М.Н. Жукова; СПбГТУРП. - СПб., 2015. - 22 с.

Методические указания содержат диаграммы двойных сплавов, их виды и анализ. Они позволят студентам самостоятельно подготовиться к контрольной работе. Предназначаются для студентов специальностей всех направлений и всех форм обучения.

Рецензент: зам.директора института безотрывных форм обучения,
канд. техн. наук, доцент В.О. Варганов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой материаловедения и технологии машиностроения СПбГТУРП (протокол № 6 от 2 февраля 2015 г.).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии СПбГТУРП (протокол № 1 от 26 февраля 2015 г.).

Редактор и корректор В.А.Басова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Компьютерный набор и верстка Д.С. Федоровой.

Темплан 2015 г., поз. 18

Подп. к печати 17.09.15. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 1,25 печ. л.; 1,25 уч. – изд. л.

Тираж 200 экз. Изд. № 18. Цена "С". Заказ №

Ризограф Санкт-Петербургского государственного
технологического университета растительных полимеров.
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

© Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных полимеров,
2015

Антон Васильевич Гропянов
Николай Николаевич Ситов
Мария Николаевна Жукова

ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ

Методические указания к лабораторной работе
по материаловедению

Редактор и корректор В.А.Басова
Техн. редактор Л.Я. Титова
Компьютерный набор и верстка Д.С. Федоровой.

Темплан 2015 г., поз. 18

Подп. к печати 23.04.15. Формат 60х84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Объем 1,25 печ. л.; 1,25 уч. — изд. л.
Тираж 200 экз. Изд. № 18. Цена "С". Заказ №

Ризограф Санкт-Петербургского государственного
технологического университета растительных полимеров.
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

ЦЕЛИ РАБОТЫ

- ознакомление с основными видами диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов;
- умение расшифровать диаграммы состояний (определение фаз и структурных составляющих в любых областях двойных диаграмм);
- умение пользоваться правилом фаз и правилом отрезков при построении кривых охлаждения и определении количественного соотношения фаз для любых сплавов;
- умение определять процессы, происходящие на линиях диаграммы (ликвидус, солидус, эвтектическая линия, линия предельной растворимости и пр.), при охлаждении и нагревании сплава;
- подготовка к выполнению контрольной работы № 1 (контрольные вопросы приведены в Приложении).

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ

Понятие о сплавах и методах их получения

Под сплавом понимают вещество, полученное сплавлением двух или более элементов. Возможны другие способы приготовления сплавов: спекания, электролиз, возгонка. В этом случае вещества называются псевдосплавами.

Сплав, приготовленный преимущественно из металлических элементов и обладающий металлическими свойствами, называется металлическим сплавом. Сплавы обладают более разнообразным комплексом свойств, которые изменяются в зависимости от состава и метода обработки.

Основные понятия в теории сплавов

Система – группа тел выделяемых для наблюдения и изучения.

В металловедении системами являются металлы и металлические сплавы. Чистый металл является простой однокомпонентной системой, сплав – сложной системой, состоящей из двух и более компонентов.

Компоненты – вещества, образующие систему. В качестве компонентов выступают чистые вещества и химические соединения, если они не диссоциируют на составные части в исследуемом интервале температур.

Фаза – однородная часть системы, отделенная от других частей системы поверхностного раздела, при переходе через которую структура и свойства резко меняются.

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

Если вариантность $C = 1$ (моновариантная система), то возможно изменение одного из факторов в некоторых пределах, без изменения числа фаз.

Если вариантность $C = 0$ (нонвариантная система), то внешние факторы изменять нельзя без изменения числа фаз в системе

Существует математическая связь между числом компонентов (K), числом фаз (Φ) и вариантностью системы (C). Это *правило фаз* или *закон Гиббса*:

$$C = K - \Phi + 2.$$

Если принять, что все превращения происходят при постоянном давлении, то число переменных уменьшится:

$$C = K - \Phi + 1.$$

где: C – число степеней свободы, K – число компонентов, Φ – число фаз, 1 – учитывает возможность изменения температуры.

Процессы кристаллизации сплавов изучаются по диаграммам состояния.

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния 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 фазовых равновесий, так как она показывает, какие при данных условиях существуют равновесные фазы.

Построение диаграмм состояния наиболее часто осуществляется при помощи термического анализа.

В результате получают серию кривых охлаждения, на которых при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба и температурные остановки.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называют критическими точками. Некоторые критические точки имеют названия, например, точки отвечающие началу кристаллизации называют точками *ликвидус*, а концу кристаллизации – точками *солидус*.

По кривым охлаждения строят диаграмму состава в координатах: по оси абсцисс – концентрация компонентов, по оси ординат – температура.

По диаграмме состояния можно определить температуры фазовых превращений, изменение фазового состава, приблизительно, свойства сплава, виды обработки, которые можно применять для сплава.

Если не считать систем с полиморфными превращениями компонентов, то основными видами диаграмм можно считать четыре, изображённые на рис. 1:

- диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси (рис. 1 а);
- диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 1 б);

- диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 1 в);

- диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение (рис. 1 г);

Кроме того, на рис. 1 д и рис. 1 е приведены диаграммы, предлагаемые в контрольной работе № 1, – с ограниченной растворимостью компонентов «слева» (рис. 1 д) или «справа» (рис. 1 е).

АНАЛИЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ

К анализу диаграмм состояния относятся: определение фаз и структурных составляющих во всех областях диаграммы, определение состава и количества фаз, находящихся в равновесии при данной температуре, построение кривых охлаждения сплавов и др.

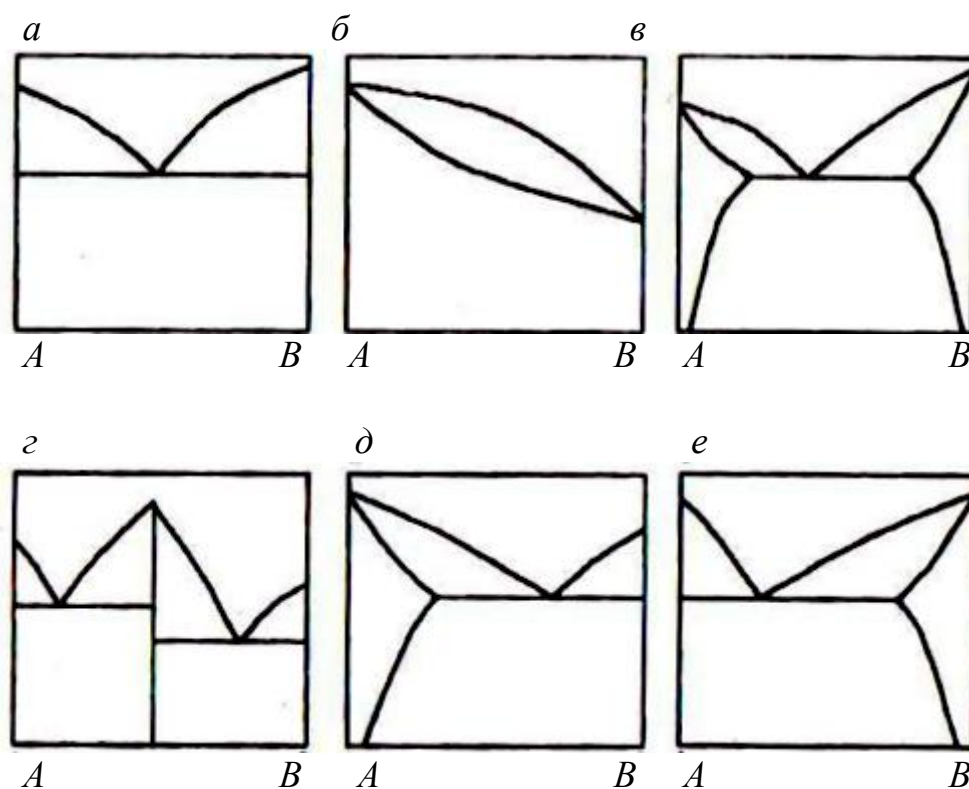


Рис. 1. Основные виды диаграмм состояния сплавов

Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов (рис. 1 а)

Оба компонента (**А** и **В**) в жидком состоянии неограниченно растворимы друг в друге, а в твердом состоянии нерастворимы и не образуют химических соединений (рис. 2 а), где

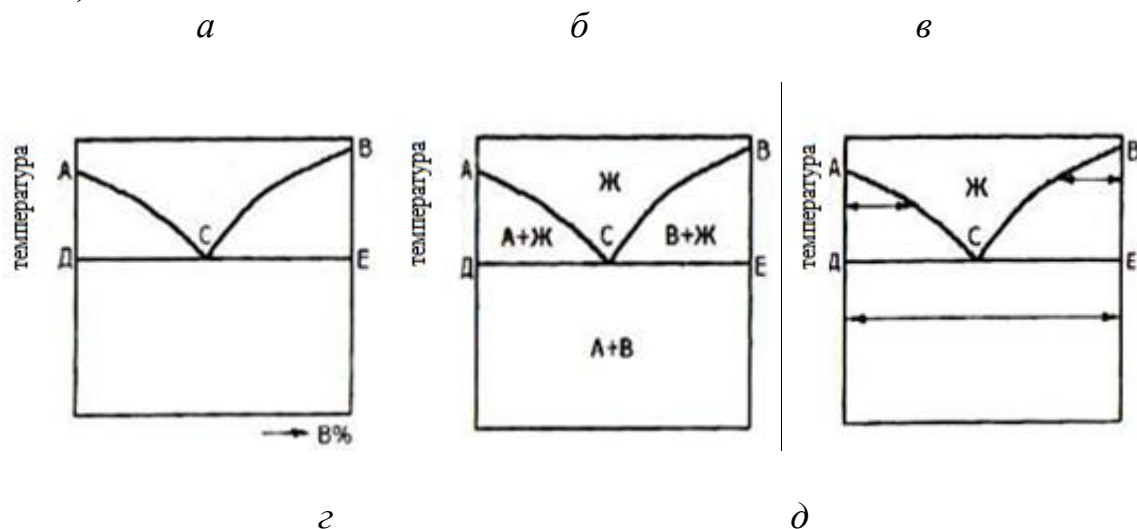
А – температура плавления компонента **А**;

В – температура плавления компонента **В**.

Верхняя линия диаграммы **АСВ** является линией ликвидус, выше которой любой сплав находится в жидком состоянии. Линия **ДСЕ** – линия солидус и одновременно линия эвтектического превращения. На линии **АС** при охлаждении начинают выделяться кристаллы компонента **А**, а на линии **ВС** – кристаллы **В**. На линии **ДСЕ** из жидкости концентрации **С** одновременно выделяются кристаллы **А** и **В**. У эвтектического сплава (соответствующего концентрации точки **С**) нет температурного интервала кристаллизации, как у доэвтектических и заэвтектических сплавов. Ниже линии солидус любой сплав находится в твердом состоянии.

Указать фазы на диаграмме состояния можно двумя способами.

Первый способ проиллюстрирован на рис. 2 б. Выше линии ликвидус **АСВ** любой сплав находится в жидком состоянии. Эта область диаграммы обозначается буквой **Ж** (жидкость). Ниже линии солидус **ДСЕ** любой сплав состоит из механической смеси компонентов **А** и **В**, так как компоненты **А** и **В** в твердом состоянии нерастворимы друг в друге. Область диаграммы ниже линии солидус обозначается (**А+В**). В области **АСД** идет процесс кристаллизации компонента **А** из жидкости. Область **АСД** – двухфазная и обозначается (**А+Ж**). В области **ВСЕ** идет процесс кристаллизации компонента **В** из жидкости. Область **ВСЕ** тоже двухфазная и обозначается (**В+Ж**).



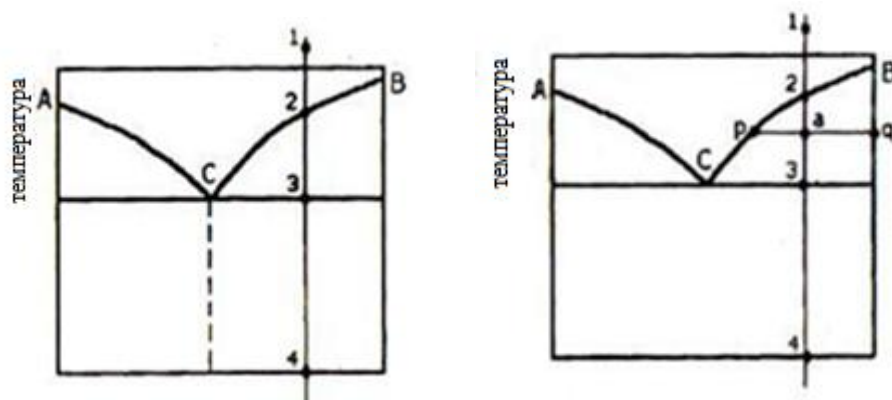


Рис. 2. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси:
а – общий вид диаграммы; *б* – фазовый состав; *в* – определение фаз;
г – выбор сплава; *д* – определение состава фаз

Второй способ предусматривает определение фаз на диаграмме с помощью горизонтальных отрезков – изотерм (рис. 2 в). Горизонтальный отрезок проводится в области, где требуется определить фазовый состав, до пересечения с линиями диаграммы. Концы отрезка укажут фазы, находящиеся в равновесии в данной области и при данной температуре. Так в области АСД горизонтальный отрезок упирается в вертикальную линию чистого компонента **А** и в линию ликвидуса АС (однофазную область **Ж** на диаграмме). Отсюда делается заключение, что в области АСД присутствуют две фазы – **А** и **Ж**. Аналогично в области ВСЕ – фазы **В** и **Ж**. В области ниже линии ДСЕ горизонтальный отрезок упирается в линии, соответствующие чистым компонентам **А** и **В**. Следовательно, фазовый состав этой области (**А+В**).

Для того чтобы указать на этой диаграмме структурные составляющие, разделим все сплавы на доэвтектические (до концентрации точки С), заэвтектические (за точкой С), как это сделано на рис. 2 г. Выберем какой-либо сплав (например, заэвтектический) и проведем вертикальную линию, соответствующую концентрации выбранного сплава. Обозначим точки пересечения линии сплава с линиями диаграммы цифрами 1, 2, 3, 4 (характерные точки). Из них точки 2 и 3, находящиеся на линиях ликвидуса и солидуса, будут критическими для выбранного сплава.

Построим кривую охлаждения для выбранного сплава в координатах «температура – время» и проследим за процессами структурообразования (рис. 3).

При построении кривой охлаждения сплава используется правило фаз Гиббса, которое устанавливает зависимость между числом фаз **Ф**, количеством компонентов **К** и числом степеней свободы системы **С**. Использование правила фаз позволяет предсказать процессы, проходящие в сплавах при нагреве и охлаждении, и определить число фаз в системе при данных условиях.

Для металлических сплавов внешним фактором равновесия является только температура. Поэтому для металлических систем правило фаз записывается в виде:

$$C = K - \Phi + 1.$$

Рассмотрим кристаллизацию выбранного нами сплава.

Выше точки 2 сплав находится в однофазном (жидком) состоянии. В интервале температур 1-2 сплав охлаждается без изменения числа фаз с какой-то скоростью, которую характеризует наклон участка кривой охлаждения 1-2 к оси времени (рис. 3). В точке 2 из жидкости начинают выделяться кристаллы компонента **В**.

Для того чтобы определить ход кривой охлаждения в интервале 2-3, применим правило фаз.

Число компонентов:

$$K = 2(\text{А и В}).$$

Число фаз, находящихся в равновесии в интервале температур 2-3:

$$\Phi = 2(\text{Ж и В}).$$

Следовательно, число степеней свободы системы:

$$C = K - \Phi + 1 = 2 - 2 + 1 = 1.$$

Исходя из полученного, можно сказать, что кристаллизация компонента **В** из жидкости будет происходить при изменяющейся температуре. Однако, кривая охлаждения изменит свой ход из-за выделения скрытой теплоты кристаллизации. Таким образом, на кривой охлаждения в точке 2 будет наблюдаться перегиб.

В процессе охлаждения в интервале температур 1-2 из жидкости будет выделяться чистый компонент **В**. Оставшаяся жидкость обедняется компонентом **В**, и ее состав при температуре эвтектического превращения будет соответствовать эвтектическому, т.е. точке С диаграммы (рис. 2 д). Таким образом, при температуре точки 3 в нашей системе в равновесии будут находиться кристаллы компонента **В** и жидкость эвтектического состава, которая при температуре точки 3 будет претерпевать превращение в механическую смесь – эвтектику по реакции $\text{Ж}_c \rightarrow \text{Э}(\text{А+В})$.

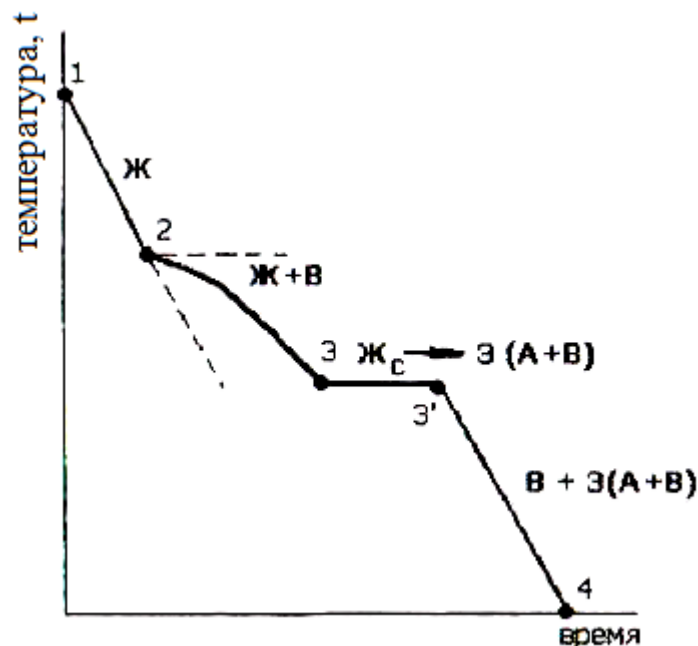


Рис. 3. Кривая охлаждения

Чтобы определить дальнейший ход кривой охлаждения, применим правило фаз.

Число компонентов:

$$K = 2(A \text{ и } B).$$

Число фаз, находящихся в равновесии при температуре точки 3:

$$\Phi = 3(Ж, A, B).$$

Следовательно, число степеней свободы системы:

$$C = K - \Phi + 1 = 2 - 3 + 1 = 0.$$

Из полученного следует, что превращение жидкости эвтектического состава в механическую смесь будет происходить при постоянной температуре ($C = 0$, система невариантна).

На кривой охлаждения при этом будет наблюдаться горизонтальная площадка 3-3', соответствующая эвтектическому превращению.

После завершения эвтектического превращения в точке 3' сплав будет находиться в твердом состоянии.

Интервал температур 3'-4 соответствует охлаждению сплава в твердом состоянии.

Число компонентов:

$$K = 2(A \text{ и } B).$$

Число фаз:

$$\Phi = 2(A \text{ и } B).$$

Число степеней свободы системы в интервале температур 3'-4:

$$C = K - \Phi + 1 = 2 - 2 + 1 = 1.$$

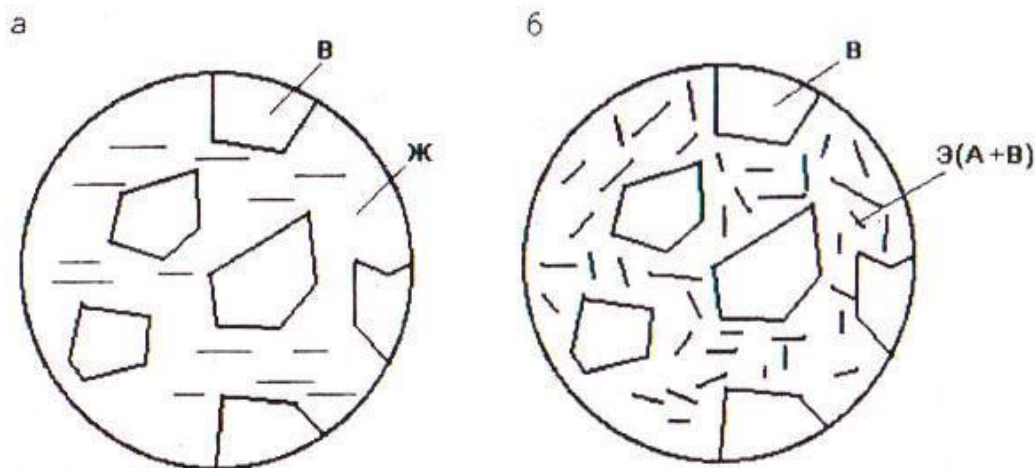
Ход кривой охлаждения в интервале температур 3'-4 определяется скоростью охлаждения.

Процесс структурообразования выбранного сплава показан на рис. 4.

После охлаждения и кристаллизации в сплаве будут следующие структурные составляющие:

1 – первичные кристаллы компонента **В**, выделившиеся из жидкости в интервале температур 2-3 (рис. 4 а);

2 – эвтектика **Э (А + В)**, образовавшаяся из жидкости эвтектического состава при температуре точки 3 (рис. 4 б).



*Рис. 4. Схема процесса структурообразования заэвтектического сплава:
а – в интервале температур 2-3; б – окончательная структура*

Структура доэвтектических сплавов будет состоять из первичных кристаллов компонента **А** и эвтектики **Э (А + В)**.

Количество эвтектики в обоих случаях будет увеличиваться с приближением сплавов к эвтектическому составу. Количество первичных кристаллов **А** и **В** при этом будет уменьшаться.

В процессе кристаллизации изменяются как количество каждой фазы, так и их состав. В любой точке диаграммы, когда в сплаве одновременно существуют две фазы, можно определить количество обеих фаз и их концентрацию. Для этого служит правило рычага, или правило отрезков.

Рассмотрим это на примере диаграммы состояния сплавов, образующих механические смеси (рис. 5). Для конкретности возьмем сплав, содержащий 50 % **В**, и определим для произвольно взятой точки **а** состав и количество фаз.

Чтобы определить концентрации компонентов в фазах, через данную точку, характеризующую состояние сплава, проводят горизонтальную линию до пересечения с линиями диаграммы, ограничивающими данную область; проекции точек пересечения на ось концентраций показывают состав фаз.

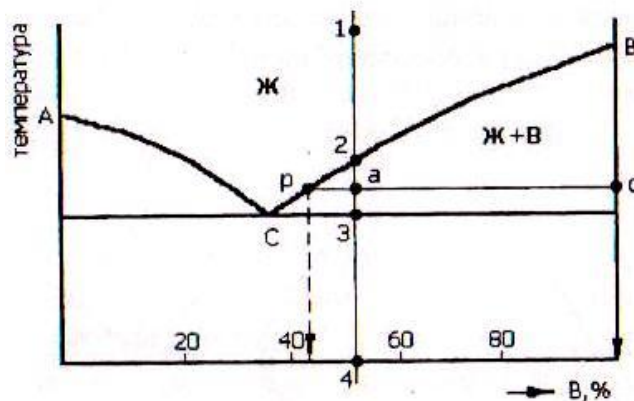


Рис. 5. Определение состава фаз и их количества по правилу отрезков

Следовательно, для нашего сплава при температуре точки **a** состав жидкой фазы будет соответствовать точке **p** диаграммы (а именно – 42 % **B**); состав твердой фазы – точке **q** (а именно – 100 % **B**).

Для того чтобы определить количественное соотношение фаз, через заданную точку проводят горизонтальную линию. Отрезки этой линии между заданной точкой и точками, определяющими составы фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.

В нашем случае количество каждой из фаз определяется по формулам:

$$Q_{\text{ж}} = aq / pq \cdot 100 = \dots$$

$$Q_{\text{в}} = pa / pq \cdot 100 = \dots$$

Форма записи при выполнении контрольной работы № 1 дана в Приложении.

Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 1 б)

Оба компонента неограниченно растворимы в жидком и твердом состояниях и не образуют химических соединений.

Если два компонента неограниченно растворяются в жидком и твердом состояниях, то возможно существование только двух фаз: жидкого раствора – **Ж**, находящегося на диаграмме выше линии ликвидус, и твердого раствора – **α**, находящегося на диаграмме ниже линии солидус. Между линиями ликвидус и солидус осуществляется кристаллизация твердого раствора из жидкости, и в этой области существуют в равновесии две фазы – **Ж** и **α**.

Краткий вариант ответа на вопросы контрольной работы № 1 дан в Приложении.

Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 1 в)

Данный вид диаграммы включает две рассмотренные ранее диаграммы (рис. 1 а, 1 б). Более подробно она изображена на рис. 6.

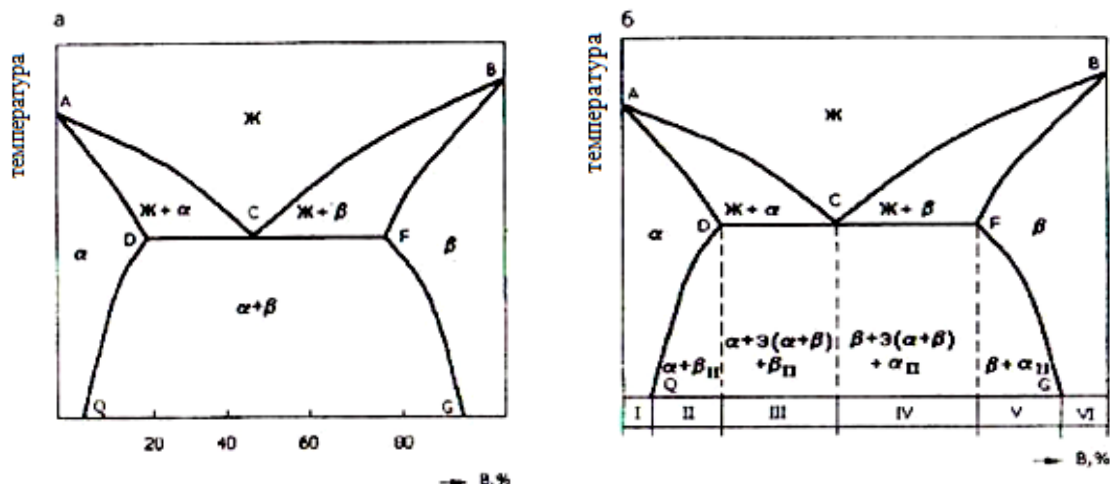


Рис. 6. Диаграмма состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии:

а – фазовый состав; б – структурный состав

α – ограниченный твердый раствор компонента **В** в кристаллической решетке **А** (ограниченный твердый раствор на базе компонента **А**);

β – ограниченный твердый раствор компонента **А** в кристаллической решетке **В** (ограниченный твердый раствор на базе компонента **В**).

Ограниченную растворимость компонентов в твердом состоянии показывают линии **DQ** (предельная растворимость компонента **В** в кристаллической решетке компонента **А**) и **FG** (предельная растворимость компонента **А** в кристаллической решетке компонента **В**).

Ниже указанных линий из ограниченных твердых растворов α и β выделяются вторичные фазы – α_{II} и β_{II} .

Для расшифровки данной диаграммы обозначим сначала на ней однофазные области:

- выше линии ликвидус **ACB** – жидкость **Ж**;
- в области, ограниченной линиями **AD** и **DQ**, – твердый раствор α ;
- в области, ограниченной линиями **BF** и **FG**, – твердый раствор β ;

С помощью метода горизонтальных отрезков, описанного ранее, определим фазы в двухфазных областях.

- между линиями ликвидус **AC** и солидус **DC** – **Ж + α** ;
- между линиями ликвидус **CB** и солидус **CF** – **Ж + β** ;
- в области **QDFG** – **$\beta + \alpha$** .

На диаграмме с ограниченной растворимостью компонентов слева и справа (рис. 6 б) можно отметить шесть характерных областей:

I и VI – структура состоит из твердых растворов α и β соответственно;
II и V – ниже линий предельной растворимости происходит выделение вторичных фаз:

- в области II из α – твердого раствора выделяется β_{II} ;

- в области V из β – твердого раствора выделяется α_{II} ;

Структура в областях II и V состоит из $(\alpha + \beta_{II})$ и $(\beta + \alpha_{II})$ соответственно;

Под эвтектической линией DF образуются структуры, содержащие эвтектику $(\alpha + \beta)$.

В доэвтектических сплавах сначала образуются избыточные кристаллы α – твердого раствора; в процессе кристаллизации состав жидкости изменяется в сторону обогащения компонентом **B**, и при температуре, соответствующей точке C, происходит эвтектическое превращение: $J_c \rightarrow \Xi (\alpha_d + \beta_f)$. Таким образом, структура доэвтектических сплавов при температуре эвтектического превращения будет состоять из избыточных кристаллов α – твердого раствора и эвтектики (область III). Количество эвтектики возрастает с приближением состава сплава к эвтектическому.

Аналогичным образом можно проанализировать процесс структурообразования в заэвтектических сплавах. Структура заэвтектических сплавов при температуре эвтектического превращения будет состоять из избыточных кристаллов β – твердого раствора и эвтектики (область IV).

По мере охлаждения сплавов до комнатной температуры растворимость компонента **A** в β – твердом растворе и компонента **B** в α – твердом растворе будет снижаться в соответствии с линиями предельной растворимости **DQ** и **GF**, что вызовет выделение из твердых растворов вторичных фаз: из α – твердого раствора выделяется β_{II} , а из β твердого раствора выделяется α_{II} . Структура сплавов в области III будет $\alpha + \Xi (\alpha + \beta) + \beta_{II}$, а в области IV – $\beta + \Xi (\alpha + \beta) + \alpha_{II}$.

Диаграмма состояния сплавов, образующих устойчивые химические соединения

Рассмотрим простейший случай таких диаграмм, когда оба компонента образуют одно устойчивое химическое соединение **AB**, причем и это соединение, и чистые компоненты не образуют в твердом состоянии растворов (нерастворимы друг в друге). Внешний вид такой диаграммы приведен на рис. 13 в Приложении. Химическое соединение устойчиво, поэтому оно может быть нагрето без разложения до своей температуры плавления. В этом случае данную диаграмму можно рассматривать как совокупность двух простых диаграмм и изучить каждую часть диаграммы отдельно. Краткое рассмотрение указанной диаграммы приведено в Приложении (вариант 4).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основными типами диаграмм состояния двойных сплавов и принципами их анализа.
2. Получить у преподавателя задание (тип диаграммы состояния с указанием сплава, % В).
3. Пользуясь методическими указаниями, ответить на вопросы контрольной работы № 1.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- основные виды диаграмм состояния;
- краткие ответы на вопросы контрольной работы № 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. Материаловедение: учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.:ХИМИЗДАТ, 2007. – 784 с.
2. А.П. Гуляев. Материаловедение: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Контрольная работа

1. Нарисовать диаграмму состояния сплавов, данную преподавателем.
2. Указать во всех областях диаграммы фазовый состав.
3. Указать во всех областях диаграммы структурный состав.
4. Для сплава с содержанием % В.
 - построить кривую охлаждения данного сплава и указать происходящие при охлаждении превращения во всем температурном интервале охлаждения от температуры плавления до комнатной;
 - определить состав фаз в сплаве для любой точки между ликвидусом и солидусом;
 - определить количество каждой из фаз для той же точки.
5. Написать, что происходит по линии ликвидус и солидус при нагреве или охлаждении (как будет требовать задание).
6. Указать самый тугоплавкий сплав или компонент (или самый легкоплавкий).

Форма записи при выполнении контрольной работы

При выполнении контрольной работы студент должен взять двойной лист бумаги в клетку. В правой верхней части листа написать свою фамилию и инициалы. Под фамилией написать номер группы. Отступив на 2 см, написать: «Контрольная работа».

Выполнение контрольной работы должно осуществляться по принципу «вопрос – ответ». Перестановка вопросов не допускается.

Вариант 1

1. Нарисовать диаграмму состояния сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов.

2. Указать во всех областях диаграммы фазовый состав (см. диаграмму).

3. Указать во всех областях диаграммы структурные составляющие (см. диаграмму).

4. Для сплава с содержанием 60 % В:

- построить кривую охлаждения (рис. 8);

- для любой точки между ликвидусом и солидусом (в данном случае для точки **а**) определить:

Состав фаз, (В, %)

Ж – **р** – 40

В – **q** – 100

Количество фаз:

$$Q_{\text{Ж}} = \frac{aq}{pq} \cdot 100 = \frac{40}{60} \cdot 100 = 66,7 \, \%;$$

$$Q_{\text{В}} = \frac{pa}{pq} \cdot 100 = \frac{20}{60} \cdot 100 = 33,3 \, \%.$$

5. Написать, что происходит по линиям ликвидус и солидус при охлаждении и нагревании.

Линия ликвидус – АСВ.

При охлаждении:

АС – начало кристаллизации **А** из **Ж**;

СВ – начало кристаллизации **В** из **Ж**;

При нагреве:

АС – окончание растворения кристаллов компонента **А** в **Ж**;

СВ – окончание растворения кристаллов компонента **В** в **Ж**.

Линия солидус – ЕСF

При охлаждении:

Эвтектическое превращение $\text{Ж}_e \rightarrow \text{Э} (\text{А} + \text{В})$.

При нагреве:

$\text{Э} (\text{А} - \text{В}) \rightarrow \text{Ж}_e$

6. Указать самый тугоплавкий сплав или компонент.

Самый тугоплавкий компонент – В.

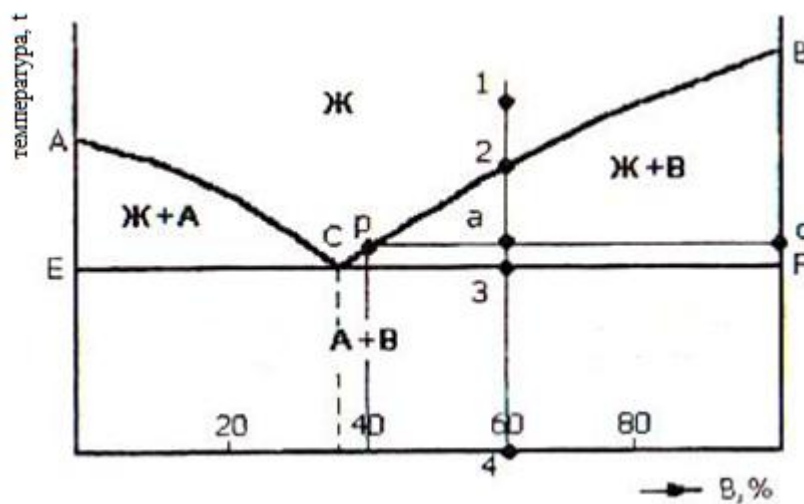


Рис. 7. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси (растворимость в твердом состоянии отсутствует)

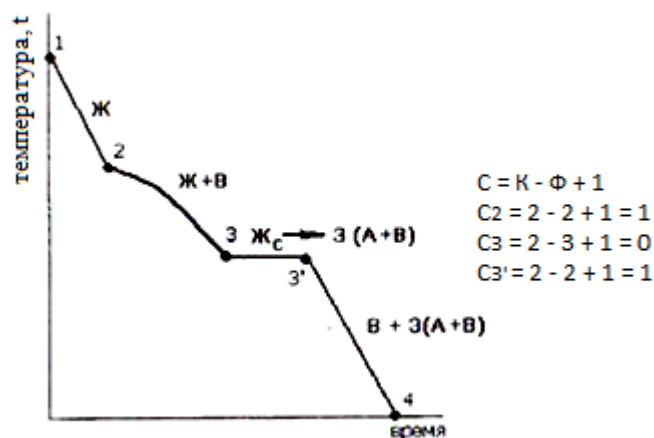


Рис. 8. Кривая охлаждения

Вариант 2

1. Нарисовать диаграмму состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 9).
2. Указать во всех областях диаграммы фазовый состав (см. диаграмму).
3. Указать во всех областях диаграммы структурный состав (см. диаграмму) – α – твердый раствор.
4. Для сплава с содержанием 20 % В:
 - построить кривую охлаждения (рис. 10);
 - для любой точки между ликвидусом и солидусом (в данном случае – для точки **a**) определить:
 - Состав фаз, (В, %)
 - Ж** – **c** – 40
 - α – **b** – 8
 - Количество фаз:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{ba}{bc} \cdot 100 = 12 / 32 = \dots;$$

$$Q_{\alpha} = \frac{ac}{bc} \cdot 100 = 20 / 32 = \dots$$

5. Написать, что происходит по линиям ликвидус и солидус при охлаждении и нагревании.

Линия ликвидус – АсВ

При охлаждении:

АсВ – начало кристаллизации α – твердого раствора из жидкости.

При нагреве:

АсВ – окончание растворения α – твердого раствора в жидкости.

Линия солидус – АвВ

При охлаждении:

АвВ – окончание кристаллизации α – твердого раствора.

При нагреве:

АвВ – начало плавления α – твердого раствора.

6. Указать самый тугоплавкий сплав или компонент.

Самый тугоплавкий компонент – А.

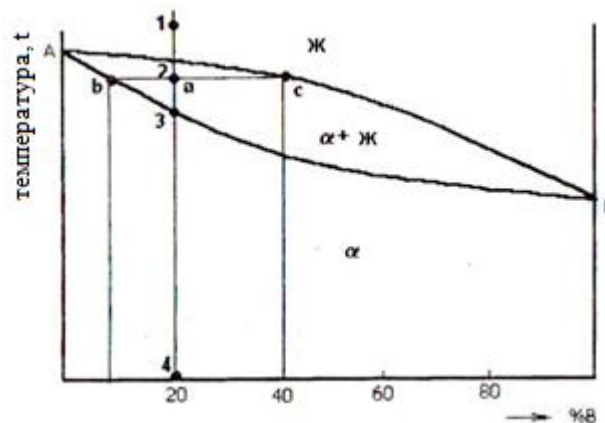


Рис. 9. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии

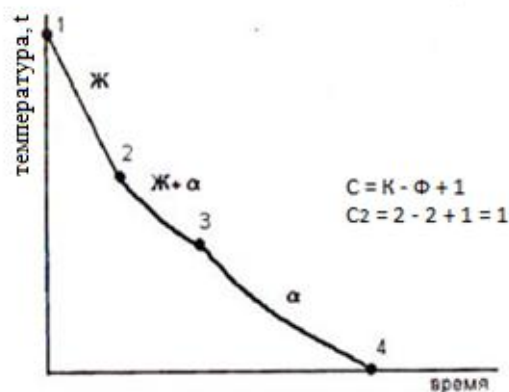


Рис. 10. Кривая охлаждения

Вариант 3

1. Нарисовать диаграмму состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (рис. 11).

2. Указать во всех областях диаграммы фазы (см. рис. 11).

3. Указать во всех областях диаграммы структурные составляющие.

I – α ;

II – $\alpha + \beta_{II}$;

III – $\alpha + \Xi (\alpha + \beta) + \beta_{II}$;

IV – $\beta + \Xi (\alpha + \beta) + \alpha_{II}$;

V – $\beta + \alpha_{II}$;

VI – β ;

4. Для сплава с содержанием 60 % В:

- построить кривую охлаждения (рис. 12);

- для любой точки между ликвидусом и солидусом (в данном случае – для точки а) определить:

Состав фаз, (В, %)

$\mathbf{Ж} - \mathbf{p} - 51$;

$\beta - \mathbf{q} - 82$.

Количество фаз:

$\mathbf{Q_{ж}} = \mathbf{aq / pq \cdot 100} = \mathbf{22 / 31 \cdot 100} = \mathbf{71 \%}$;

$\mathbf{Q_{\beta}} = \mathbf{pa / pq \cdot 100} = \mathbf{9 / 31 \cdot 100} = \mathbf{29 \%}$.

5. Написать, что происходит по линиям ликвидус и солидус при охлаждении и нагревании.

Линия ликвидус – АСВ

При охлаждении:

АСВ – начало кристаллизации α – твердого раствора из жидкости.

СВ – начало кристаллизации β – твердого раствора из жидкости.

При нагреве:

АС – окончание растворения α – твердого раствора в жидкости.

СВ – окончание растворения β – твердого раствора в жидкости.

Линия солидус – АДФВ

При нагреве:

AD – начало плавления α – твердого раствора;

DF – эвтектическое превращение $\Xi (\alpha_D + \beta_F) \rightarrow \mathbf{Ж_C}$;

FB – начало плавления β – твердого раствора.

При охлаждении:

AD – начало кристаллизации α – твердого раствора;

DF – эвтектическое превращение $\mathbf{Ж_C} \rightarrow \Xi (\alpha_D + \beta_F)$;

FB – начало кристаллизации β – твердого раствора.

6. Указать самый легкоплавкий сплав или компонент.

Самый легкоплавкий сплав – эвтектический.

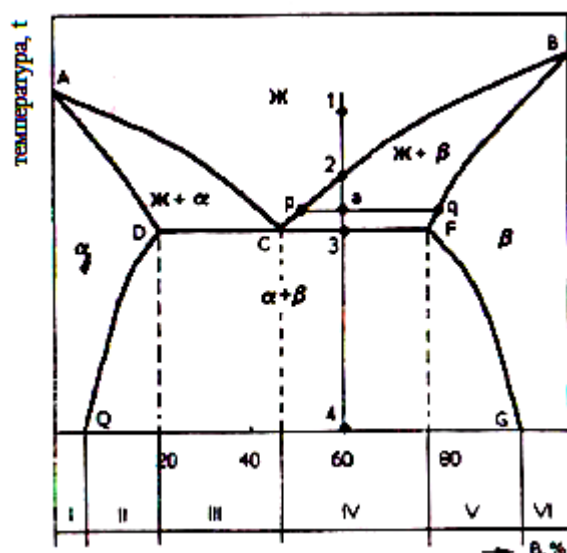


Рис. 11. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии

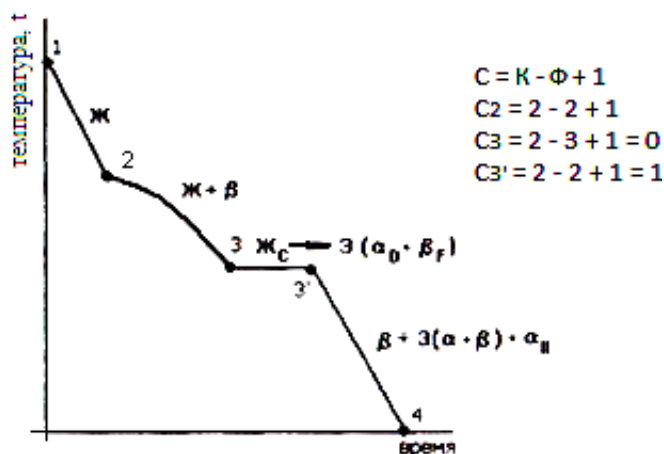


Рис. 12. Кривая охлаждения

Вариант 4

1. Нарисовать диаграмму состояния с устойчивым химическим соединением (рис. 13).
2. Указать во всех областях диаграммы фазы (см. диаграмму).
3. Указать во всех областях диаграммы структурные составляющие (см. диаграмму).
4. Для сплава с содержанием 65 % **В** построить кривую охлаждения и указать происходящие при этом превращения (рис. 14).

Определить состав фаз (содержание компонента **В**, %) для точки **а**:

АВ – **р** – 50 % **В**;

Ж – **q** – 77 % **В**.

Количество каждой из фаз:

$$Q_{AB} = \frac{aq}{pq} \cdot 100 = \frac{12}{27} \cdot 100 = 44,4 \%$$

$$Q_{\text{ж}} = \frac{p_a}{p_q} \cdot 100 = \frac{15}{27} \cdot 100 = 55,6 \, \%.$$

5. Написать, что происходит на линиях ликвидус и солидус при охлаждении и нагревании.

Линия ликвидус – AQCTB

При охлаждении:

AQ – начало кристаллизации компонента А из жидкости;

QC и CT – начало кристаллизации химического соединения АВ из жидкости;

TB – начало кристаллизации компонента В из жидкости.

При нагреве:

AQ – окончание растворения кристаллов компонента А в жидкости;

QC и CT – окончание растворения кристаллов химического соединения АВ в жидкости;

TB – окончание растворения кристаллов компонента В в жидкости.

Линия солидус – DL и MN

При охлаждении:

DL – эвтектическое превращение $\text{Ж}_Q \rightarrow \text{Э} (A + AB)$;

MN – эвтектическое превращение $\text{Ж}_T \rightarrow \text{Э} (B + AB)$.

При нагреве:

DL – эвтектическое превращение $\text{Э} (A + AB) \rightarrow \text{Ж}_Q$;

MN – эвтектическое превращение $\text{Э} (B + AB) \rightarrow \text{Ж}_T$.

6. Указать самый тугоплавкий сплав или компонент.

Самый тугоплавкий сплав – химическое соединения АВ.

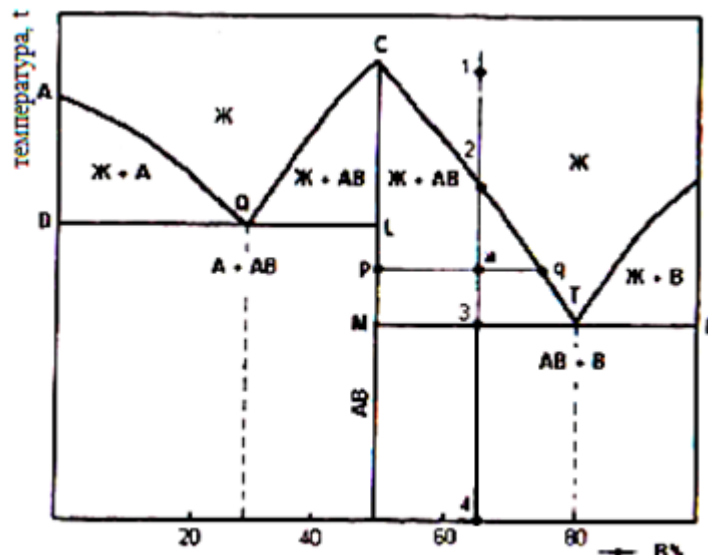


Рис. 13. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение

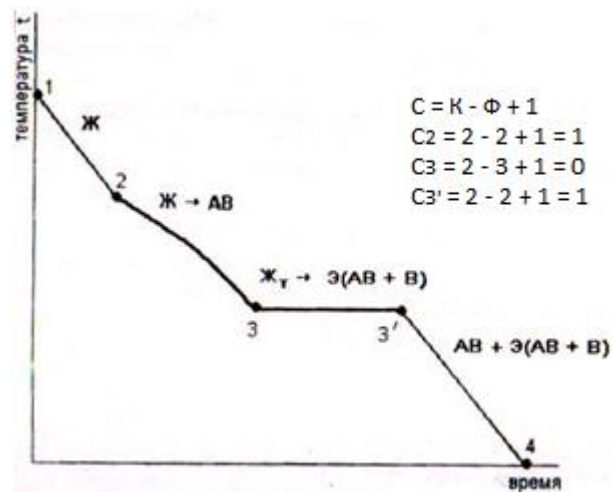


Рис. 14. Кривая охлаждения

Самым легкоплавким будет эвтектический сплав, проходящий через точку Т.

СОДЕРЖАНИЕ

Цели работы.....	3
Основные виды диаграмм состояния.....	-
Понятия о сплавах и методах их получения.....	-
Основные понятия в теории сплавов.....	-
Анализ диаграмм состояния.....	5
Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов.....	6
Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.....	11
Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.....	12
Диаграмма состояния сплавов, образующих устойчивые химические соединения.....	13
Порядок выполнения работы.....	14
Требования к отчету.....	-
Библиографический список.....	-
Приложения	-
Контрольная работа.....	-
Форма записи при выполнении контрольной работы.....	15
Вариант 1.....	-
Вариант 2.....	16
Вариант 3.....	18
Вариант 4.....	19