

Содержание	3
Введение.....	4
1. Цель работы.....	5
2. Задачи работы.....	5
3. Теоретическая часть.....	5
3.1. Строение сплавов.....	5
3.2. Диаграммы состояния двойных сплавов.....	8
4. Практическая часть.....	15
4.1. Оборудование и материалы.....	15
4.2. Задания и последовательность выполнения работы..	16
Критерии результативности работы.....	17
Требования к оформлению и содержанию отчёта.....	17
Контрольные вопросы.....	17
Список литературы.....	18
Приложение. Тесты для самоконтроля.....	19

Введение

Современная металлургия выплавляет из природных соединений свыше 60 металлов и на их основе тысячи сплавов. Свойства сплава зависят от многих факторов, но прежде всего они определяются составом фаз и их количественным соотношением. Эти сведения можно получить из анализа диаграмм состояния, изучению которых посвящена данная работа. Зная диаграмму состояния, можно представить полную картину формирования структуры любого сплава, определить оптимальную температуру заливки сплава для получения литых деталей, оценить жидкотекучесть выбранного сплава, сделать заключение о возможности и условиях обработки давлением. Диаграммы состояния позволяют также определить режим термической обработки, необходимый для получения определённых свойств деталей из данного сплава.

При выполнении работы у студента формируются профессиональные компетенции – способность анализировать диаграммы состояния, определять химический состав и структурное состояние сплавов в зависимости от температуры и состава.

Выполнив работу, студент должен:

- **знать:**

- типы сплавов и их диаграммы состояния;

- характерные точки и линии фазовых превращений диаграмм состояния;

- связь типа диаграмм состояния сплавов с их свойствами;

- **уметь** применять диаграммы состояния для определения фазового состава и прогнозирования свойств сплавов в зависимости от температуры и содержания компонентов;

- **иметь навыки** распознавания различных типов диаграмм состояния сплавов.

АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ И ИХ СТРУКТУРЫ

1. Цель работы – получить знания о строении металлических сплавов и об их диаграммах состояния.

2. Задачи работы:

- изучить основные типы двойных сплавов и их диаграммы состояния;
- научиться анализировать фазовые превращения при охлаждении сплавов двойных систем;
- научиться распознавать фазовый состав сплавов и структуру в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

3. Теоретическая часть

3.1. Строение сплавов

Металлическими сплавами называются сложные вещества, полученные сплавлением нескольких элементов [1, С. 88; 2, С. 128]. Элементы, образующие сплав, называются *компонентами*. Компонентами металлических сплавов могут быть металлы и неметаллы. Они в жидком состоянии хорошо растворяются друг в друге в любых соотношениях и образуют однородный жидкий раствор. При образовании сплавов в процессе их затвердевания возможно различное взаимодействие компонентов и в зависимости от этого они могут образовывать сплавы в виде твердых растворов, химических соединений и механических смесей.

Твердыми растворами называются фазы, в которых один из компонентов сплава (растворитель) сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы других компонентов (растворяемых) располагаются в решетке первого компонента. Различают твердые растворы замещения и твердые растворы внедрения.

На рис 3.1, *a* представлена кристаллическая решётка и расположение в ней атомов *A* чистого металла. В случае образования *твердых растворов замещения* атомы растворённого элемента *B* занимают места части атомов элемента растворителя *A* в его крис-

таллической решётке (рис. 3.1, б).

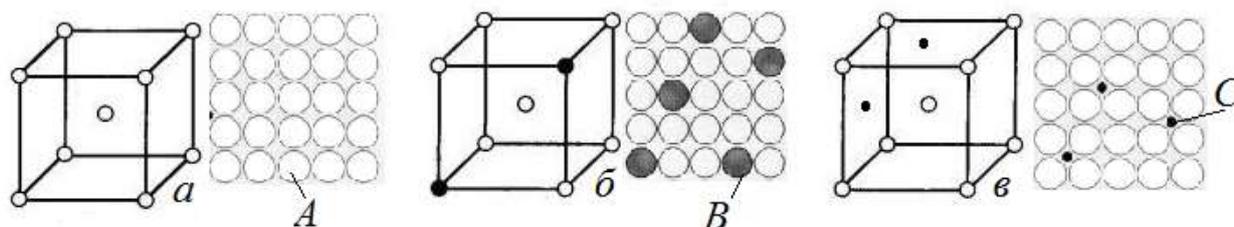


Рис. 3.1. Схемы твердых растворов: *a* – чистый металл (растворитель); *б* – твердый раствор замещения; *в* – твердый раствор внедрения

При образовании твердого раствора замещения, в зависимости от соотношения размеров атомов растворителя *A* и растворённого элемента *B*, период решетки может уменьшаться (рис. 3.2, *a*) или увеличиваться (рис. 3.2, *б*). В первом приближении параметры решетки (периоды) изменяются пропорционально концентрации растворенного компонента и это влияет на механические свойства твердых растворов замещения. Причём уменьшение параметра решетки ведет к большему упрочнению, чем его увеличение.

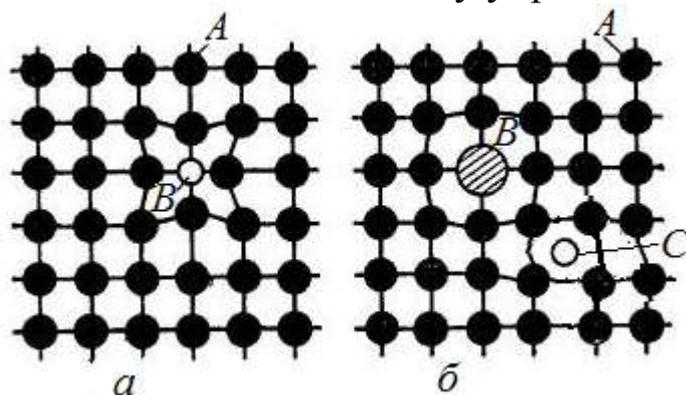


Рис. 3.2. Искажение кристаллической решетки при образовании твердого раствора замещения и внедрения

Твердые растворы замещения бывают *неограниченными* и *ограниченными*. Чем больше различие в атомных диаметрах компонентов, тем меньше растворимость. При образовании неограниченных твёрдых растворов компоненты должны иметь близкие атомные размеры (не превышающие 8 %) и одинаковый тип решетки. Неограниченная растворимость в твердом состоянии наблюдается в сплавах: Cu–Ni, Cu–Au, Co–Ni, Si–Ge, Fe – Co и др. Ограниченные твёрдые растворы образуются также при одинаковом типе решётки и разнице атомных диаметров компонентов в пределах 8...15 %, а при большей разнице твёрдые растворы вообще не образуются. Твёрдые растворы замещения образуются компонентами, расположенными близко друг к другу в таблице Д. И. Менделеева.

Твердые растворы внедрения образуются, когда атомы раство-

ренного вещества C внедряются в междоузельные позиции (пустоты) кристаллической решетки растворителя (рис. 3.1, *в* и рис. 3.2, *б*). Растворимость ограничена размерами промежутков между атомами решетки растворителя. Растворы внедрения образуются при сплавлении металлов с неметаллами, имеющими малый атомный (ионный) радиус (C, N, B, H). Концентрация второго компонента в твердом растворе внедрения невысока и составляет не более 2...2,5 %.

Химические соединения образуются при химическом взаимодействии компонентов. В нём всегда сохраняется простое кратное соотношение компонентов, что позволяет их выразить формулой типа A_nB_m , где A и B – компоненты, n и m – простые числа. Кристаллическая решетка и свойства сплава резко отличаются от строения и свойств чистых компонентов: так, например, если у Cu твердость составляет 35 *НВ*, у Al – 20 *НВ*, то соединение $CuAl_2$ имеет твердость 400 *НВ* (более 10 раз твердость выше, чем у компонентов).

При образовании сплавов в процессе затвердевания или полиморфного превращения в структуре может формироваться особая структурная составляющая, называемая *механической смесью*, состоящая из зёрен чистых металлов или двух фаз. Механические смеси образуются, если компоненты не вступают в химические реакции с образованием соединений и не растворяются друг в друге в твердом состоянии [1, С. 89; 2, С. 128]. Фазами, входящими в механическую смесь, могут быть чистые компоненты, твердые растворы и химические соединения. В случае чистых компонентов механическая смесь состоит из зерен компонентов A и B , имеющих собственные кристаллические решетки (рис. 3.3, *а*). Примеры таких сплавов: $Be-Al$, $Si-Al$, $Fe-Pb$, $Pb-Sb$ и др. Если механическая смесь формируется при одновременной кристаллизации двух фаз из жидкости – она называется *эвтектика*, а такое превращение называется *эвтектическим*. Если механическая смесь формируется из твердой фазы при ее полиморфном превращении из высокотемпературной модификации в низкотемпературную с выделением второй фазы, то такая механическая смесь называется *эвтектоидом* (рис. 3.3, *б*), а превращение – *эвтектоидным*.

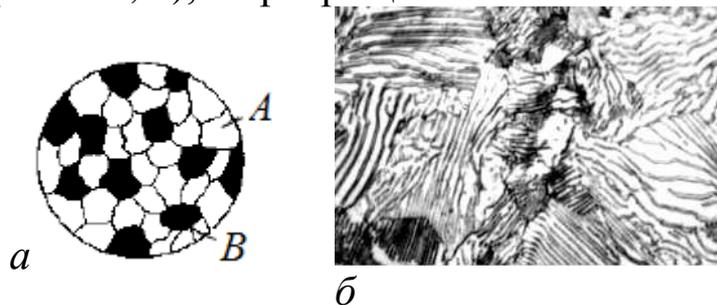


Рис. 3. 3. Микроструктуры механической смеси:
а – чистых компонентов;
б – эвтектоидного сплава

3.2. Диаграммы состояния двойных сплавов

Диаграммы состояния используют при исследовании строения сплавов, выборе режимов термической обработки, определении температуры разлива жидких сплавов при изготовлении отливок и горячей обработки давлением и т. д. Они в удобной графической форме показывают фазовый состав сплава в зависимости от температуры и концентрации компонентов, что может быть использовано при оценке механических и технологических свойств сплавов. Диаграммы состояния строят для условий равновесия или условий, достаточно близких к ним. Они представляют собой график, по оси ординат которого откладывают температуру, а по оси абсцисс – состав сплава. Крайние точки оси абсцисс составляют 100 % чистых компонентов. Причём каждая точка на этом отрезке характеризует состав одного сплава данной пары компонентов, в сумме составляющих 100 %.

Построение диаграмм состояния. Любая точка на диаграмме определяет фазовый и химический состав сплава, а также его структуру при данной температуре. Температуры, соответствующие фазовым превращениям в сплаве называются *критическими точками*. Любые фазовые превращения протекают с выделением или поглощением тепла. Эти тепловые эффекты могут быть обнаружены методами термического анализа. Простейший случай термического анализа заключается в экспериментальном построении кривых охлаждения (нагрева) в координатах температура – время. Для построения таких кривых выбирают несколько сплавов данной системы. Они подвергаются нагреву выше температуры их плавления, а затем медленно охлаждаются (чтобы обеспечить практически равновесные условия), фиксируя при этом через определённый интервал времени температуру охлаждаемого сплава. По этим данным строят кривые охлаждения, на которых критическим температурам фазовых превращений соответствуют точки перегиба или остановки (горизонтальные площадки на рис. 3.4, левая часть).

При построении диаграммы состояния на сетку в координатах температура – концентрация наносят значения критических температур (точки перегиба или горизонтальные площадки), установленных на кривых охлаждения для каждого выбранного сплава. Затем, соединив все точки температур начала кристаллизации, получают

линию ликвидуса, соединив критические точки конца кристаллизации, получают линию солидуса диаграммы состояния. Линии, соединяющие критические точки аналогичных превращений в системе, разграничивают области существования равновесных фаз.

В зависимости от взаимной растворимости и характера взаимодействия компонентов различают несколько типов диаграмм.

3.2.1. Диаграмма состояния сплавов с полной нерастворимостью компонентов в твердом состоянии (диаграмма I-го типа).

Диаграмму состояния этого типа рассмотрим на примере системы свинец – сурьма (Pb – Sb). Общий вид диаграммы состояния и кривые охлаждения некоторых сплавов, на основе которых она построена, показаны на рис. 3.4. В сплавах различная концентрация элементов вызывает изменение температуры начала кристаллизации (линия ACB –линия ликвидус), а температура конца затвердевания одинакова для всех сплавов данной системы и не зависит от их состава (линия DCE –линия солидус).

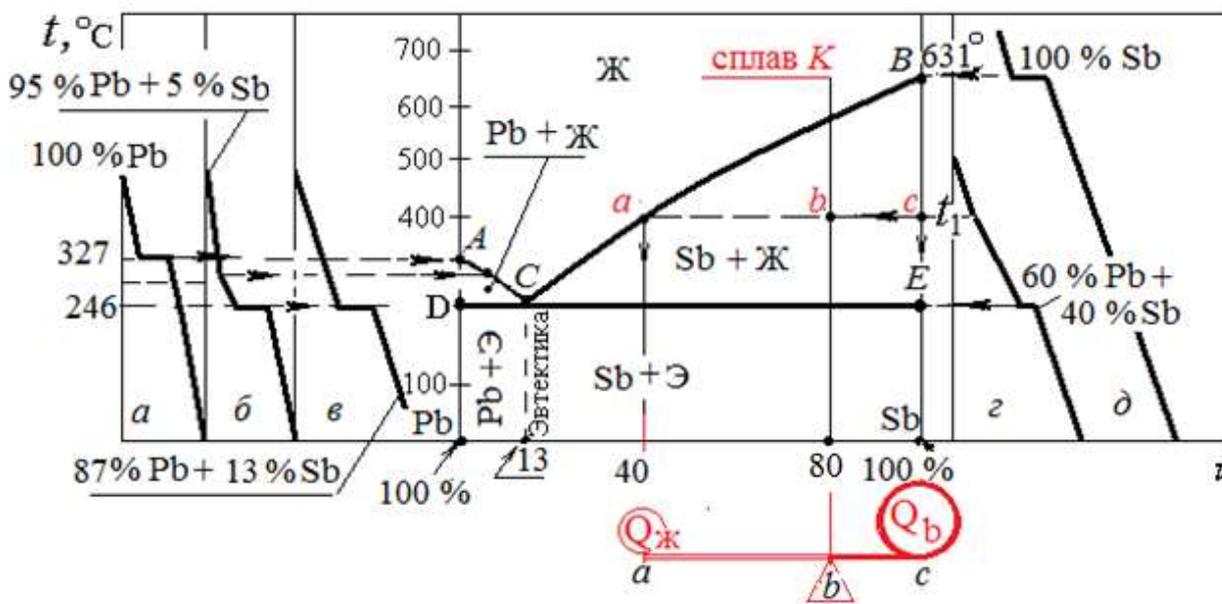


Рис. 3.4. Диаграмма состояния, кривые охлаждения и схемы структур сплавов системы Pb – Sb при полном охлаждении до комнатной температуры (с применением к ней правила отрезков)

Все сплавы, лежащие ниже линии солидуса, находятся в твердом состоянии. В промежутке между линиями ликвидус и солидус сплав состоит из двух фаз: жидкой и твердой. Температура плавления свинца $327 ^\circ\text{C}$ (точка A), а сурьмы $631 ^\circ\text{C}$ (точка B). Сплав с концентрацией 13 % сурьмы и 87 % свинца (точка C) является

эвтектическим¹, при котором температура начала и конца кристаллизации совпадают. *Доэвтектическими* называют сплавы, содержащие менее 13 % Sb, а сплавы, содержащие больше 13 % Sb являются *заэвтектическими*. Эвтектический сплав с 13 % Sb характеризуется тем, что в нём происходит одновременная кристаллизация из жидкой фазы кристаллов Pb и Sb с образованием механической смеси – эвтектики (рис. 3.5, б). Критическая точка, соответствующая эвтектическому превращению, равна 246 °С. Чаще всего из жидкости образуется пластинчатое строение эвтектики (рис. 3.5, б). Эвтектическую реакцию принято записывать: $Ж \rightarrow Pb+Sb$.

Ниже линии *DC* застывшие сплавы состоят из кристаллов свинца (тёмные участки на рис. 3.5, а) и эвтектики, а ниже линии *CE* — из светлых кристаллов сурьмы и эвтектики (рис. 3.5, в).

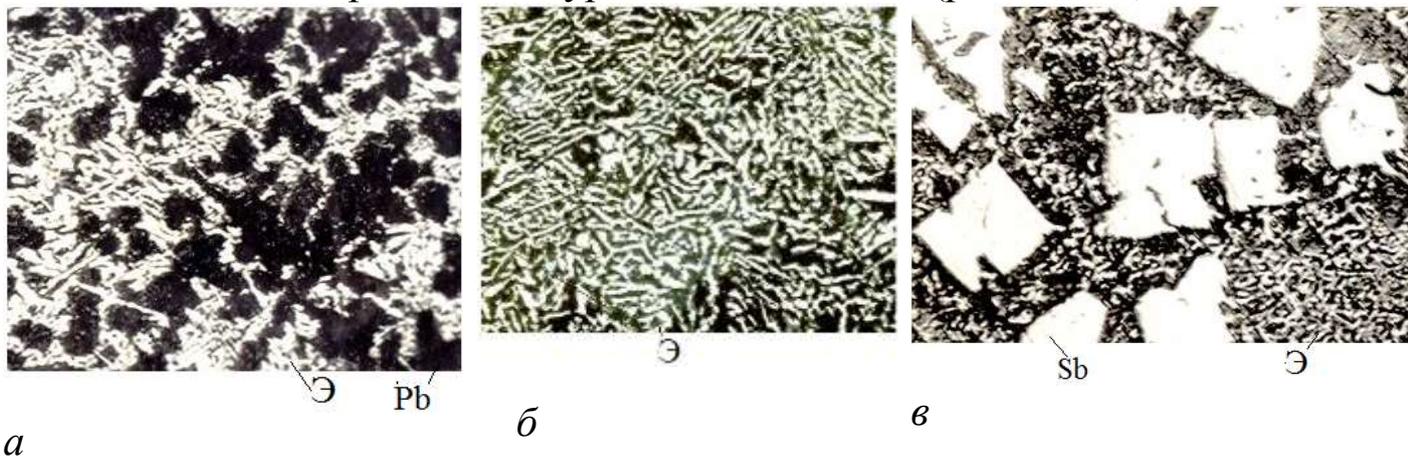


Рис. 3.5. Структура сплава Pb – Sb: а – доэвтектический (6 % Sb); б – эвтектический (13 % Sb); в – заэвтектический (30 % Sb)

Правило отрезков. В процессе кристаллизации изменяется химический состав жидкой и твёрдой фаз и их масса: масса жидкости уменьшается, а твёрдой фазы увеличивается при сохранении постоянной их суммарной массы. Правило отрезков или правило рычага служит для определения химического состава (концентрации компонентов) фаз и их массового соотношения (см. рис. 3.4). Для этого через точку пересечения концентрации компонентов и выбранной температуры t_1 (точка *b*) проводят горизонтальную линию (коноду) до пересечения с линиями ликвидуса (точка *a*) и солидуса (точка *c*).

Первое положение правила отрезков: проекции точек пересечения на ось концентраций показывают составы фаз. В качестве примера рассмотрим

¹ эвтектика — от греч. eutektos означает легко плавящийся, легкоплавкий

сплав K , которому соответствует содержание 20 % Pb и 80 % Sb.

Для сплава K при температуре t_1 состав жидкой фазы будет соответствовать проекции точки a на ось концентрации, а твердой фазы – проекции точки c .

Второе положение правила отрезков: общее количество сплава соответствует длине коноды. Количество соответствующей фазы определяется противоположащим отрезком: количество жидкости $Q_{жс}$ – отрезком bc , а твердой фазы – отрезком ab .

Из механики условие равновесия (см. рис. 3.4): $Q_b \cdot bc = Q_{жс} \cdot ab$.

Правило отрезков применимо для всех двухфазных областей любых диаграмм состояния.

3.2.2. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (II-го типа). Рассмотрим этот тип диаграммы состояния на примере Cu - Ni² (рис. 3.6).

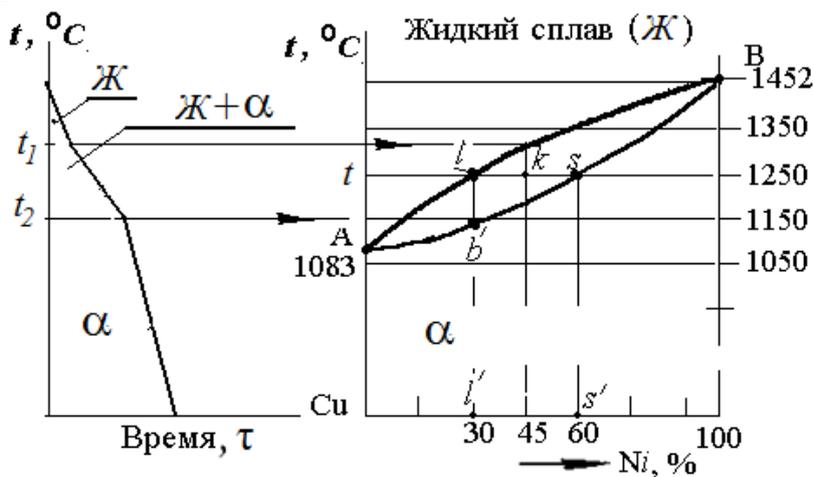


Рис. 3.6. Диаграмма состояния сплавов, оба компонента которых неограниченно растворимы друг в друге в жидком и твердом состояниях и не образуют химических соединений

Температура плавления никеля составляет 1452 °С (точка В), меди – 1083 °С (точка А). Выше линии ликвидуса AlB сплавы находятся в жидком состоянии. Между линиями AlB и AsB сплавы состоят из кристаллов твердого раствора α и жидкого сплава Ж, т. е. из двух фаз (Ж+ α), а ниже линии солидуса AsB – из одного твердого раствора α .

Для примера рассмотрим изменение фазового состояния сплава, содержащего 45 % Ni и 55 % Cu при охлаждении (см. рис. 3.6) с произвольно выбранной температуры t .

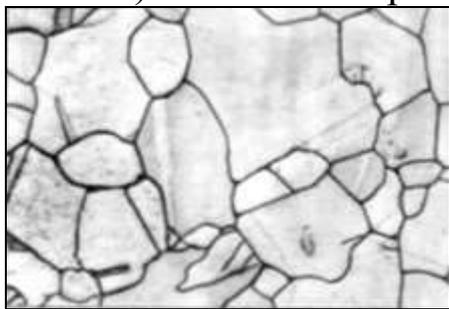
Для анализа изменения фазового состава сплава воспользуемся правилом отрезков (рассмотренным выше, для диаграммы состояния I-го типа). Проведём коноду через выбранную точку k пересе-

² Сплавы Cu-Ni: мельхиор с 5...30 % никеля; монель, с содержанием никеля до 67 %, а также нейзильбер, в котором дополнительно присутствует цинк.

чения концентрации компонентов и выбранной температуры t . По проекциям точек пересечения коноды с линиями ликвидус и солидус на ось концентрации определим химические составы равновесных фаз: в точке l' в жидкой фазе содержится (30 % Ni+70 % Cu), в точке s' в α -твёрдом растворе содержится (60 % Ni+ 40 % Cu).

Таким образом, состав жидкой фазы для диаграммы II-го типа изменяется по линии ликвидуса, твердой – по линии солидуса. Причём с понижением температуры состав фаз изменяется в сторону уменьшения содержания Ni по линии sb' .

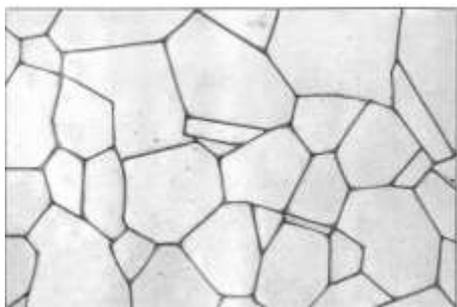
Строение чистой меди (после отжига) и сплавов с неограниченной растворимостью компонентов (после кристаллизации и отжига) показано на рис. 3.7.



a



б



в

Рис. 3.7. Структура чистой меди после литья и отжига (*a*) и сплава Cu-20 % Ni, $\times 100$: *б* –после литья (охлаждения из жидкого состояния); *в* –после литья и отжига при 1000 °C в течение 10 ч.

Согласно правилу отрезков количественная масса фаз (α -твёрдого раствора и жидкого расплава) обратно пропорциональна отрезкам, проведенной коноды. Количество всего сплава (Q) определяет отрезок (конода) ls , твердой фазы ($Q_{\text{ТВ}}$) – отрезок lk , прилегающий к линии ликвидус, жидкой ($Q_{\text{Ж}}$) – отрезок ks , прилегающий к линии солидус:

$$\text{Объём (масса) твёрдой фазы } Q_{\text{ТВ}} = \frac{lk}{ls} \cdot 100 \%;$$

$$\text{или жидкой фазы } Q_{\text{Ж}} = \frac{ks}{ls} \cdot 100 \%;$$

Сразу после кристаллизации при реальных условиях охлаждения чистой меди получается чаще столбчатая структура (см. пра-

ктикум № 7), а после отжига – кристаллическая (рис. 3.7, а).

У твёрдых растворов с неограниченной растворимостью формируется после литья дендритная структура (рис. 3.7, б), которая после длительного диффузионного отжига преобразуется в зернистую структуру с двойниками.

3.2.3. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии (III-го типа). Таковую диаграмму образуют сплавы систем Pb-Sn, Al-Si, Cu-Ag и др. В качестве примера рассмотрим диаграмму состояния сплавов системы Pb-Sn (рис. 3.8).

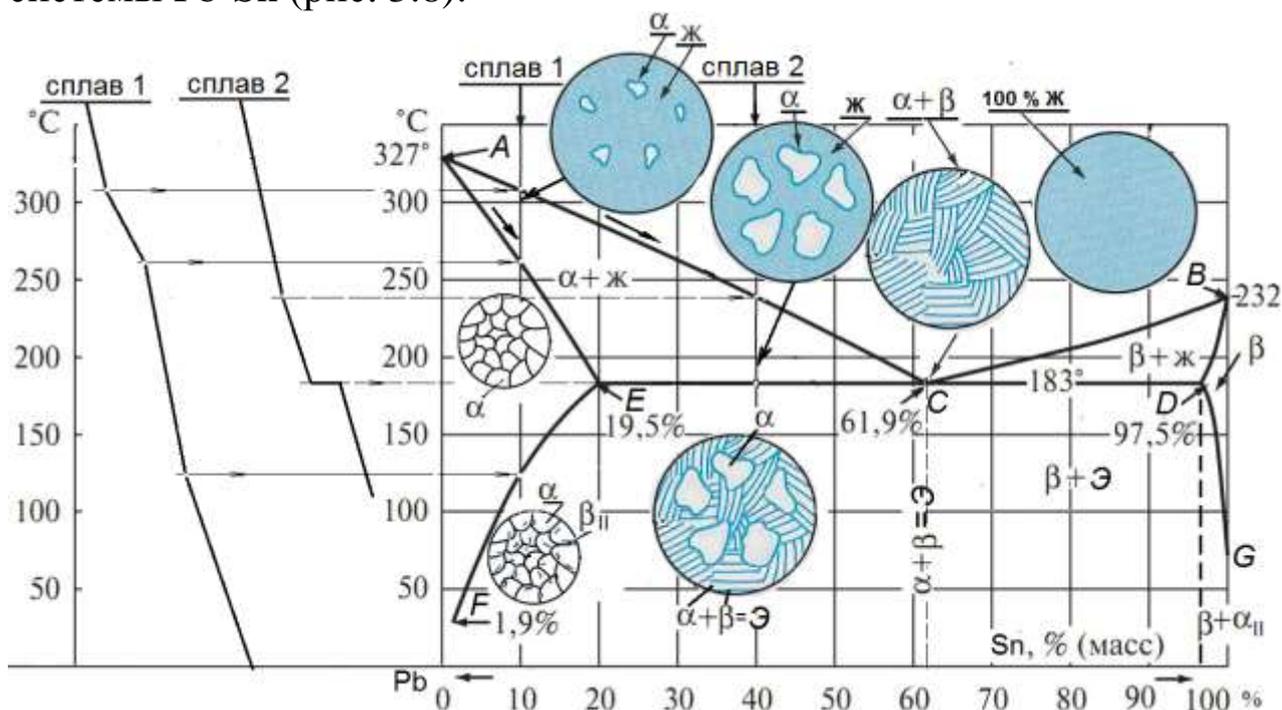


Рис. 3.8. Кривые охлаждения и диаграмма состояния III-го типа

При кристаллизации компоненты Pb и Sn вступают во взаимодействие и могут образовывать фазы:

- α -твёрдый раствор компонента Sn в Pb или пшут Pb (Sn);
- β -твёрдый раствор компонента Pb в Sn. Аналогично: Sn (Pb);
- β_{II} , α_{II} – вторичные кристаллы (образуются при охлаждении из разноименных твёрдых растворов за счет уменьшения растворимости).

Выше линии ликвидуса ACB все сплавы находятся в жидком состоянии. При температурах, лежащих на линиях AC и CB начинается образование соответственно кристаллов α и β из жидкости и заканчивается этот процесс на линиях AE (сплав 1) и DB , ниже

которых сплавы имеют однофазную структуру, состоящую из α или β твёрдых растворов. Ниже линий AC и CB до линии солидуса $AECDB$ сплавы находятся в двухфазном состоянии $Ж+\alpha$ или $Ж+\beta$. При температурах, лежащих на линии солидуса последняя капля жидкого расплава переходит в твёрдое состояние, т. е. заканчивается процесс кристаллизации сплавов. На горизонтальном участке линии солидуса ECD , происходит эвтектическое превращение той части жидкого расплава, которая ещё не успела превратиться в твёрдый раствор α или β . В точке C образуется эвтектика, состоящая из смеси кристаллов твёрдых растворов α и β . Сплавы, расположенные между точками E и C , называются *доэвтектическими*. После окончательного затвердевания ниже линии EC структура будет состоять из $\alpha+\beta$ (сплав 2). Все сплавы, расположенные между точками C и D – *заэвтектические*. После кристаллизации ниже линии CB сплавы будут содержать в своей структуре $\beta+\beta'$ составляющие. Предельную растворимость Sn в Pb при температуре 183 °C определяет точка E . С изменением температуры изменяется растворимость Sn в Pb по линии EF . За счёт изменения этой растворимости ниже линии EF из α -твёрдого раствора образуются вторичные кристаллы β'' . Аналогично, предельную растворимость Pb в Sn определяет точка D (2,5 %). С изменением температуры изменяется растворимость Pb в Sn по линии DG , за счёт этого при температурах ниже этой линии образуются вторичные кристаллы α'' .

Линии EF и DG , определяющие предельную растворимость компонентов друг в друге в зависимости от температуры и состава, называются линиями *солюvus*. Схемы образования структур при кристаллизации некоторых сплавов показаны в соответствующих областях диаграммы состояния (см. рис. 3.8).

3.2.4. Диаграмма состояния сплавов с устойчивым химическим соединением компонентов (диаграмма IV-го типа). Компоненты сплава при определенном соотношении вступают в реакцию и образуют химическое соединение типа A_mB_n с собственной кристаллической решеткой (рис. 3.9). На диаграмме появляется вертикальная линия с координатой A_mB_n . Верхняя точка C на этой вертикали соответствует температуре плавления соединения A_mB_n . Вся диаграмма состояния оказывается состоящей как бы из двух диаграмм. Левая часть – диаграмма с полной нерастворимостью компонентов A и A_mB_n (простая диаграмма I-го типа), правая – с ограни-

ченной растворимостью компонента A_mB_n в решетке вещества B (простая диаграмма III-го типа), в которой β -фаза является твердым раствором химического соединения A_mB_n в решетке компонента B . Таким образом, образовавшееся соединение A_mB_n тоже становится компонентом сплава, оно вступает во взаимодействие с исходными компонентами – простыми веществами A и B .

Кристаллизация сплавов в пределах левой части диаграммы проходит аналогично кристаллизации сплавов, образующих эвтектику из чистых компонентов (диаграмма I-го типа), а кристаллизация сплавов в пределах правой части диаграммы – аналогично диаграмме III-го типа.

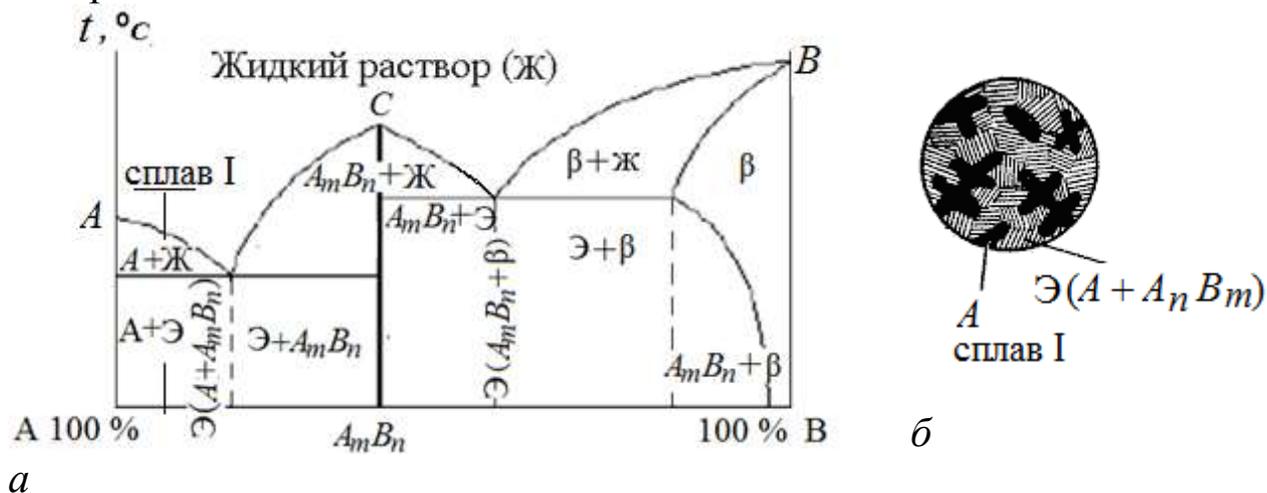


Рис. 3.9. Диаграмма состояния сплавов с устойчивым химическим соединением (а) и их типовая структура (б)

В сплавах химические соединения являются упрочняющими фазами, но состоящие только из химического соединения сплавы применяются редко.

Под микроскопом химические соединения обычно выглядят как мелкие частицы внутри кристаллов одного из компонентов или твердого раствора (рис. 3.9, б). Рентгеноструктурный анализ, конечно, покажет новый тип решетки: не исходных компонентов, а их соединения.

4. Практическая часть

4.1. Оборудование и материалы

Автоматизированный металлографический комплекс на базе оптического микроскопа «Olimpus GX-41», коллекция микрошли-

фов сплавов системы свинец-сурьма, наглядные пособия. Видеоролик «Кристаллическое строение металлов и сплавов».

4.2. Задания и последовательность выполнения работы

1. Изучить диаграммы состояния различных типов. Зарисовать эти диаграммы, проставить на них все характерные точки и линии, а также фазовые и структурные области.

2. Зарисовать структуру сплавов рассмотренных систем с указанием структурных составляющих.

3. По указанию преподавателя определить состав сплава по фотографиям микроструктуры системы Pb-Sb.

Состав сплава по наблюдаемой структуре можно определить под микроскопом на глаз или методом количественного металлографического анализа. Определяется площадь, занимаемая каждой структурной составляющей, и тем самым её объемное содержание. Весовое содержание свинца и сурьмы по формулам:

• для доэвтектических сплавов по формуле

$$Q_{Pb} = \frac{(V_{Pb} + V_{эвт} \cdot 0,85) \cdot \gamma_{Pb}}{V_{Pb} \cdot \gamma_{Pb} + V_{эвт} \cdot \gamma_{эвт}} \cdot 100 \%;$$

• для заэвтектических сплавов по формуле

$$Q_{Sb} = \frac{(V_{Sb} + V_{эвт} \cdot 0,15) \cdot \gamma_{Sb}}{V_{Sb} \cdot \gamma_{Sb} + V_{эвт} \cdot \gamma_{эвт}} \cdot 100 \%,$$

где Q_{Pb} и Q_{Sb} – соответственно количество свинца и сурьмы, % (по массе);

V_{Pb} и V_{Sb} соответственно содержание избыточного свинца и избыточной сурьмы, % (определяется визуально под микроскопом);

0,85 – содержание свинца в эвтектике, % (объемн.);

0,15 – содержание сурьмы в эвтектике, % (объемн.);

γ_{Pb} – плотность свинца, 11,3 г/см³;

γ_{Sb} – плотность сурьмы, 6,6 г/см³;

$\gamma_{эвт}$ – плотность эвтектики, 10,7 г/см³.

4. По диаграмме состояния I-го типа, для температур, заданных преподавателем (рекомендуются 250, 300, 350, 400, 500, 600 °С), установить состав жидкой фазы и твердых кристаллов Sb. По заданию преподавателя то же самое выполнить для сплавов диаграммы состояния II-го и III-го типов.

5. Посмотреть видеоролик «Кристаллическое строение металлов и сплавов». Обратит внимание как образуются из жидкого состояния различные типы сплавов.

Критерии результативности лабораторной работы

Работа считается выполненной, если студент:

- ответил на все контрольные вопросы и вопросы, приведённые в тестах;
- выполнил практическую часть работы;
- научился, используя диаграмму состояния сплавов, определять химический и фазовый состав сплавов;
- составил отчёт в соответствии с приведёнными требованиями;
- грамотно и по существу сформулировал выводы по работе.

Требования к оформлению и содержанию отчёта

Отчёт должен содержать: название, цель и задачи работы; рисунки диаграмм состояния с расшифровкой точек и линий; рисунки изученных типов структур; расчёт состава сплава, заданного преподавателем; выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется металлическим сплавом?
2. Какие сплавы относятся к механическим смесям и как они образуются?
3. Какие сплавы относятся к твёрдым растворам и какие они бывают?
4. Какие сплавы относятся к химическим соединениям?
5. Что такое диаграмма состояния сплава? Для чего она используется?
6. В каких координатах строится диаграмма состояния?
7. Что позволяет определить диаграмма состояния?
8. Какой вид имеет диаграмма состояния I-го типа?
9. Какие линии называются ликвидус и солидус?
10. Нарисуйте и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

11. Нарисуйте и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

12. Какие точки диаграммы состояния показывают температуру плавления компонентов?

13. Что такое эвтектика?

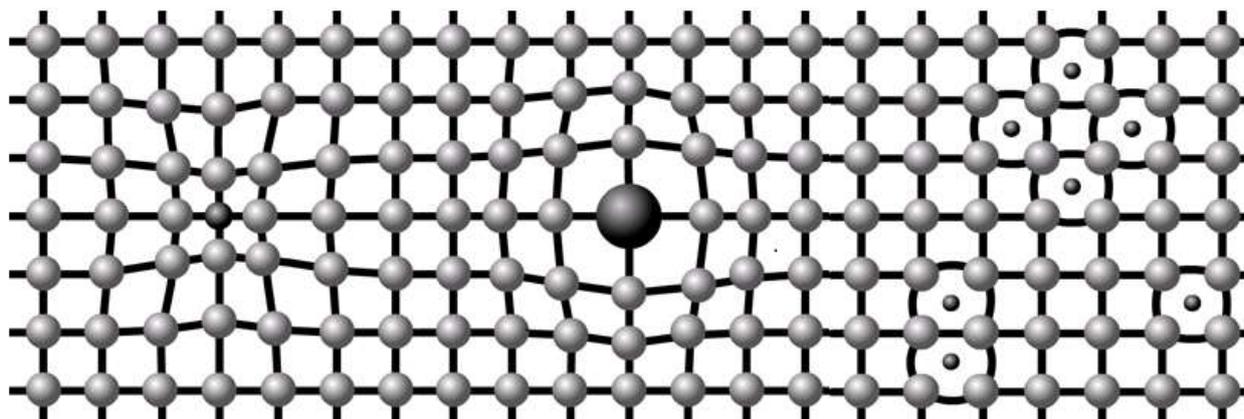
14. Как определить с помощью правила отрезков фазовый состав, состав фаз и количественное соотношение между фазами?

Объясните на примере диаграммы состояния I - го или II- го типа.

15. Какой вид имеют кривые охлаждения чистого металла, эвтектического сплава, твёрдых растворов?

16. В чём особенность строения эвтектических сплавов?

17. Показать на рисунке участки твёрдого раствора замещения с обозначением атомов элемента растворителя (буквой *A*), атомов растворённого элемента (буквой *B*) и атомов элемента, образующих твёрдый раствор внедрения (буквой *C*).



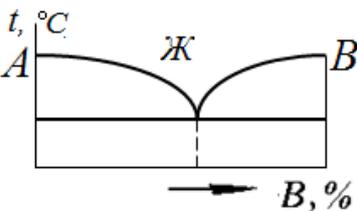
Тесты для самоконтроля приведены в приложении.

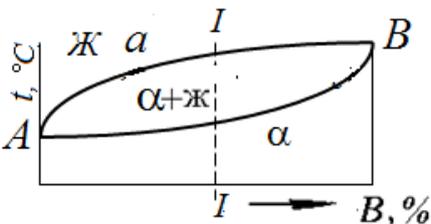
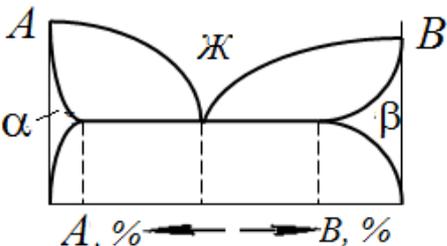
Список литературы

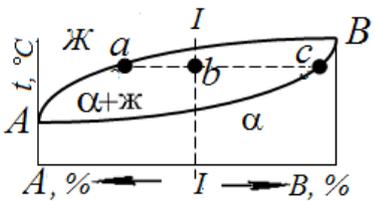
1. Гуляев А. П., Гуляев А. А. *Металловедение: Учебник для вузов.* 7-е изд., перераб. и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.

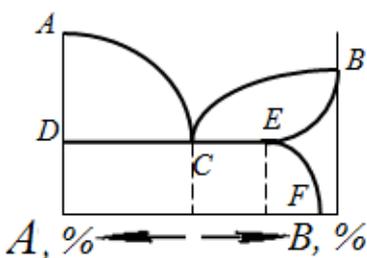
2. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. *Материаловедение: Учебник для вузов.* – СПб. Изд. 4-е. Издательство: Химиздат, 2007. – 784 с.

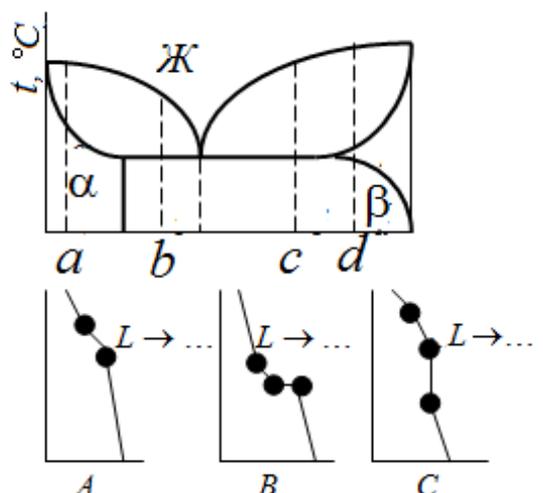
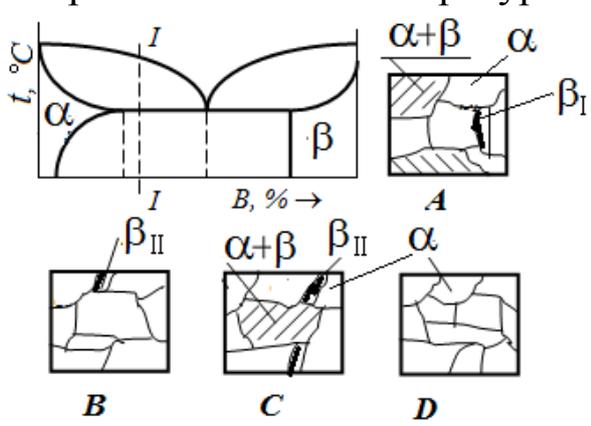
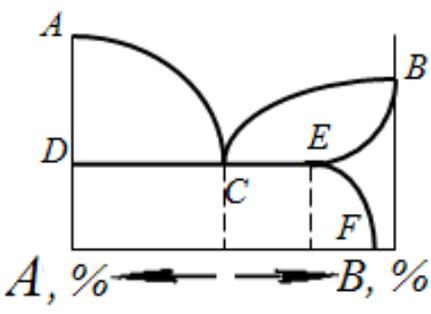
Тесты для самоконтроля

Вопросы	Ответы
1	2
<p>3.1. Возможна ли 100 % концентрация растворяемого компонента в решетке растворителя?</p>	<p>1) возможна в системе с химическими соединениями; 2) нет; 3) возможна в системе механических смесей; 4) возможна в системе неограниченных твердых растворов.</p>
<p>3.2. Какая система сплава является двухфазной и двухкомпонентной?</p>	<p>1) система с химическим соединением; 2) система с механической смесью; 3) система с неограниченной растворимостью компонента; 4) система с аллотропическим превращением.</p>
<p>3.3. Какая диаграмма состояния представлена на рисунке?</p> 	<p>1) с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии; 2) с химическим соединением; 3) с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии; 4) с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.</p>
<p>3.4. Эвтектика – это:</p>	<p>1) смесь двух фаз; 2) твердый раствор определенного состава; 3) смесь жидкости и твердой фазы; 4) твердый раствор переменного состава.</p>

1	2
<p>3.5. Диаграмма состояния какого типа представлена на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии; 2) с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии; 3) с неустойчивым химическим соединением; 4) с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии.
<p>3.6. При каких температурных условиях кристаллизуются чистые металлы?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) в зависимости от природы металла температура может снижаться в одних случаях, повышаться в других и оставаться постоянной в третьих; 2) при снижающейся температуре; 3) при растущей температуре; 4) при постоянной температуре.
<p>3.7. Какая диаграмма состояния представлена на рис.?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии; 2) с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии; 3) с химическим соединением; 4) с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии.

1	2
<p>3.8. Отношением каких отрезков определяется количество кристаллической фазы в сплаве I-I в точке <i>b</i>?</p> 	<p>1) bc/ac; 2) bc/ab; 3) ab/ac; 4) ab/bc.</p>
<p>3.9. При каких температурных условиях кристаллизуются сплавы в системе с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии?</p>	<p>1) все сплавы кристаллизуются при снижающейся температуре; 2) кристаллизация сплавов начинается при снижающейся температуре, завершается – при постоянной; 3) все сплавы кристаллизуются при постоянной температуре; 4) сплавы кристаллизуются при растущей температуре (из-за выделения скрытой теплоты кристаллизации).</p>
<p>3.10. При каких температурных условиях кристаллизуются эвтектики в двухкомпонентных сплавах?</p>	<p>1) при снижающейся температуре; 2) в зависимости от вида сплава температура может расти в одних случаях, снижаться в других и оставаться постоянной в третьих; 3) при постоянной температуре; 4) при растущей температуре.</p>
<p>3.11. Что обуславливает переход вещества из одного состояния в другое</p>	<p>1) разность размерных составляющих фаз; 2) разность плотности фаз; 3) разность термодинамических потенциалов фаз; 4) разность периодов решеток фаз.</p>

1	2
<p>3.12. Как меняется температура сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии в процессе кристаллизации?</p>	<p>1) снижается (кроме эвтектического сплава), завершается кристаллизация всех сплавов при постоянной температуре; 2) остается постоянной; 3) снижается; 4) снижается (кроме эвтектического сплава), завершается кристаллизация некоторых сплавов при постоянной температуре.</p>
<p>3.13. В чем состоит отличие эвтектоидного превращения от эвтектического?</p>	<p>1) при эвтектоидном превращении возникают промежуточные фазы, при эвтектическом – механические смеси; 2) принципиальных отличий нет. Это одностипные превращения; 3) при эвтектоидном превращении распадается твердый раствор, при эвтектическом – жидкий; 4) при эвтектоидном превращении из твердых растворов выделяются вторичные кристаллы, при эвтектическом из жидкости – первичные.</p>
<p>3.14. Что означает линия EF?</p>  <p>The diagram shows a binary system with components A and B. The x-axis represents the composition in percent (A, % on the left, B, % on the right). The y-axis represents temperature. Two solubility curves are shown: one for component A in component B (upper curve) and one for component B in component A (lower curve). A horizontal line CD is drawn at a temperature below the eutectoid point. The intersection of the upper curve and the horizontal line is point C. The intersection of the lower curve and the horizontal line is point E. A vertical dashed line EF connects point E to point F on the lower curve. Arrows on the x-axis indicate the direction of increasing composition.</p>	<p>1) указывает на изменение растворимости A (B); 2) указывает на изменение растворимости B (A); 3) указывает на изменение растворимости α (B); 4) указывает на изменение растворимости B (α).</p>

1	2
<p>3.15. Какому сплаву (каким сплавам) принадлежит кривая охлаждения <i>B</i>?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>d</i>; 2) <i>a</i> и <i>d</i>; 3) <i>b</i>; 4) <i>b</i> и <i>c</i>.
<p>3.16. Какая из приведенных ниже структур принадлежит сплаву <i>I-I</i> при комнатной температуре?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>B</i>; 2) <i>C</i>; 3) <i>A</i>; 4) <i>D</i>.
<p>3.17. Какие фазы будут в области <i>ACD</i> в представленной диаграмме?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) $\alpha + \text{Ж}$; 2) $A + \text{Э}$; 3) $A + \text{Ж}$; 4) $B + \text{Ж}$; 5) $\text{Э} + B$; 6) $\beta + \alpha$.

