

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第一讲

主讲老师：鲁家瑞

第一部分 1、2、3、5章

第一章

- 1、薛定谔方程
- 2、原子的键合——金属键、离子键、共价键、氢键与范德瓦耳斯力
- 3、影响高分子链的主要因素

可能考察典型例题

举例说明各种结合键的特点

- (1)金属键：电子共有化，无饱和性，无方向性，趋于形成低能量的密堆结构，金属受力变形时不会破坏金属键，良好的延展性，一般具有良好的导电和导热性。
- (2)离子键：大多数盐类、碱类和金属氧化物主要以离子键的方式结合，以离子为结合单元，无方向性，无饱和性，正负离子静电引力强，熔点和硬度均较高。常温时良好的绝缘性，高温熔融状态时，呈现离子导电性。
- (3)共价键：有方向性和饱和性，原子共用电子对，配位数比较小，结合牢固，具有结构稳定、熔点高、质硬脆等特点，导电能力差。
- (4)范德瓦耳斯力：无方向性，无饱和性，包括静电力、诱导力和色散力。结合较弱。
- (5)氢键：极性分子键，存在于HF，H₂O，NF₃有方向性和饱和性，键能介于化学键和范德瓦耳斯力之间。

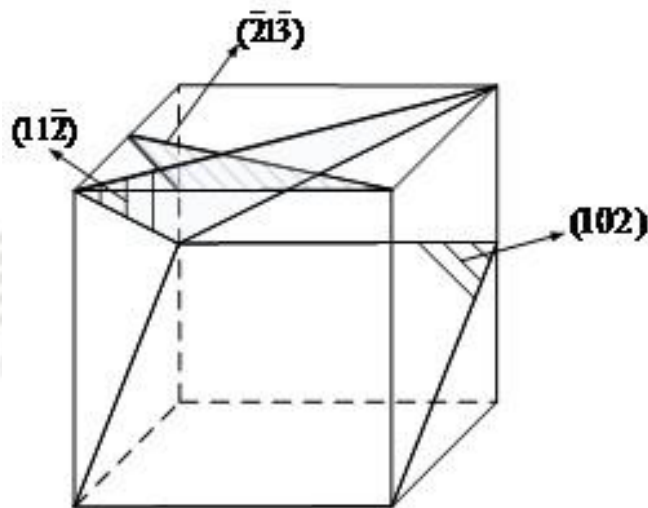
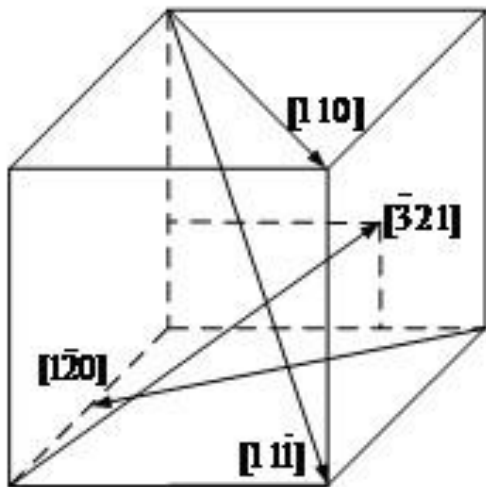
第二章

1、点阵晶胞以及14种布拉格点阵

2、晶向与晶面指数

可能考察例题：

在立方晶体系的晶胞图中画出以下晶面和晶向： $(1\ 0\ 2)$ 、 $(1\ 1\ -2)$ 、 $(-2\ 1\ -3)$ ， $[1\ 1\ 0]$ 、 $[1\ 1\ -1]$ 、 $[1\ -2\ 0]$ 和 $[-3\ 2\ 1]$ 。



3、晶带与晶面间距

$$d_{hkl} = 1 / \sqrt{(h / a)^2 + (k / b)^2 + (l / c)^2}$$

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第二讲

主讲老师：鲁家瑞

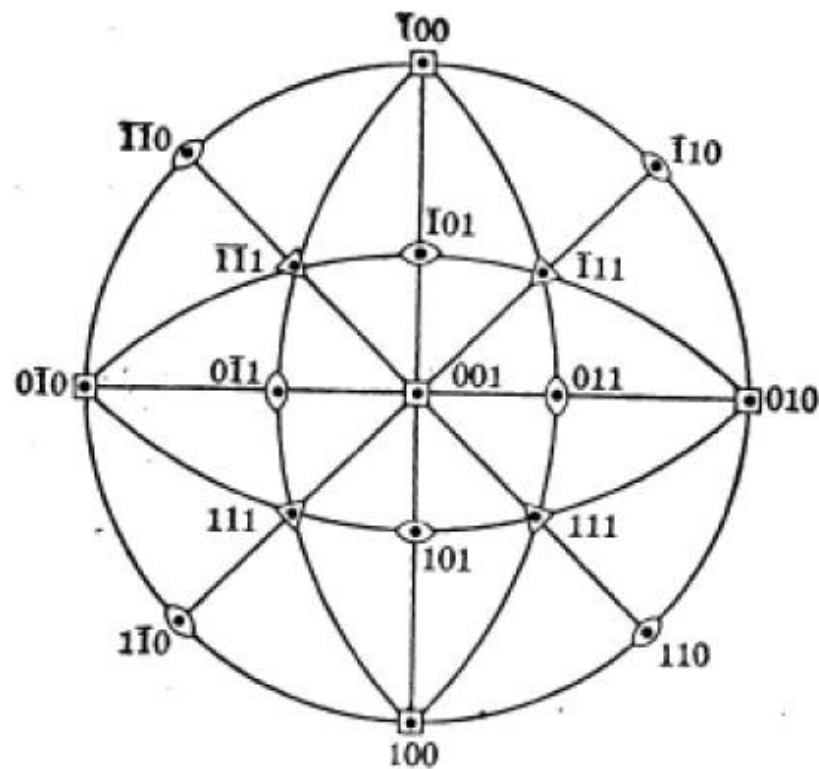


图 7-12 立方晶体的(001)标准投影图

6、三种金属晶体的特性与堆垛方式和间隙

7、固溶体与中间相分类及各自的性质

8、离子晶体负离子配位多面体的规则

例题：

Cu具有FCC结构，其密度为 8.9g/cm^3 ，相对原子质量为63.546，求铜的原子半径。

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{63.546 \times 10^{-3}}{N_A \cdot a^3} = \frac{63.546 \times 10^{-3}}{6.02 \times 10^{23} \times (4R / \sqrt{2})^3} = 8.9 \times 10^3$$

例题

写出溶解在 γ -Fe中碳原子所处的位置，若此类位置全部被碳原子占据，那么试问在这种情况下， γ -Fe能溶解多少重量百分数的碳？而实际上在 γ -Fe中最大的溶解度是多少？两者在数值上有差异的原因是什么？

固溶于 γ -Fe中的碳原子均处于八面体间隙中，且 γ -Fe中的八面体间隙有4个，与一个晶胞中Fe原子个数相等，所以：

$$C_{wt\%} = 12 / (12 + 56) \times 100\% = 17.6\%$$

实际上C在 γ -Fe中的最大溶解度为2.11%

两者数值上有较大差异，是因为此固溶体中，碳原子尺寸比间隙尺寸大，会引起点阵晶格畸变，畸变能升高，限制了碳原子的进一步溶解。

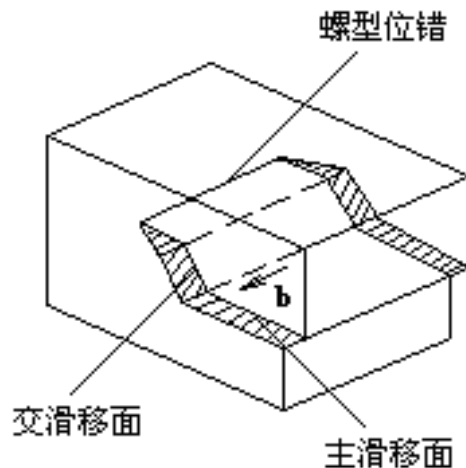
第三章

1、点缺陷的分类及热力学分析 $C = A \exp\left(-\frac{E_v}{kT}\right)$

2、位错的类型和特征、柏氏矢量特性以及位错的运动（滑移、攀移、交割）

双交滑移

3、位错的应力场特点、应变能、线张力以及相互作用



上海交通大学

827材料科学基础

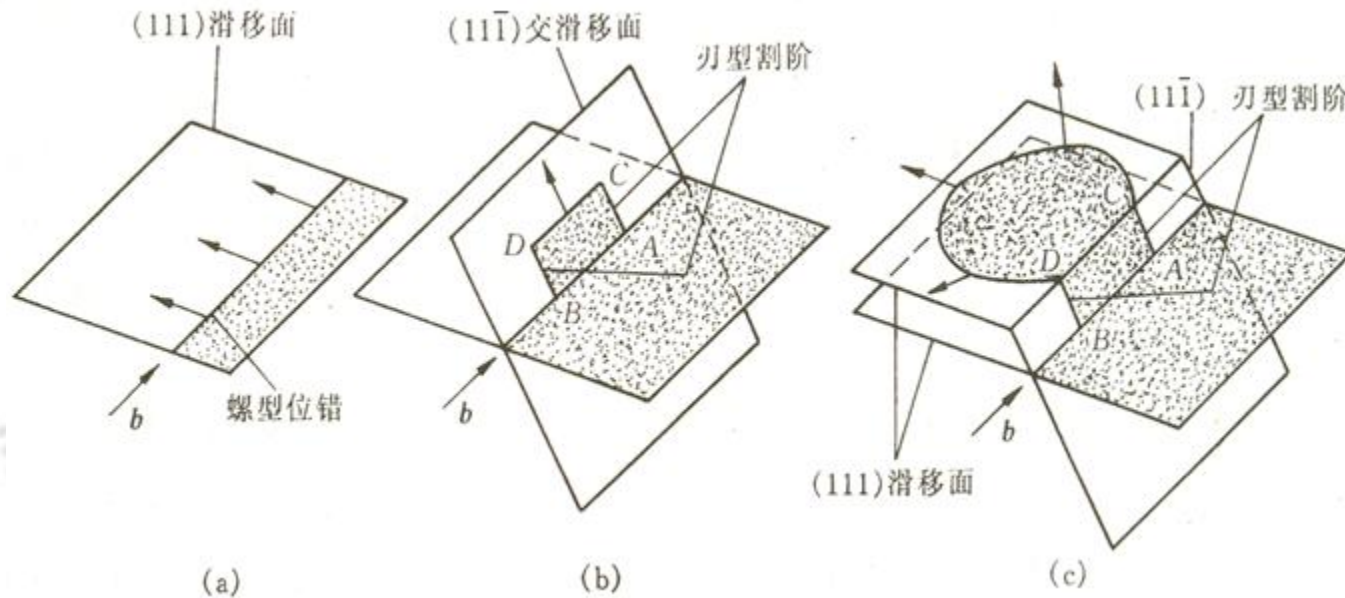
冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第三讲

主讲老师：鲁家瑞

4、位错的生成和繁殖

弗兰克-瑞德位错源，简称F-R源、双交滑移机制



5、不全位错的类型和特点及位错反应

6、扩展位错的宽度

$$d = \frac{Gb_1b_2}{2\pi\gamma}$$

7、外表面以及小角度和大角度晶界的结构

8、晶界能、晶界的特性以及相界

第五章

- 1、弹性的不完整性
- 2、单晶体的塑性变形的3种方式（滑移等）
- 3、**滑移的临界分应力**

$$\tau_k = \sigma_s \cos \lambda \cdot \cos \varphi$$

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第四讲

主讲老师：鲁家瑞

例题：

有一70MPa应力作用在fcc晶体的[001]方向上，求作用在 和 滑移系上的分切应力。

$$\text{矢量积： } a \cdot b = |a| \cdot |b| \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{a \cdot b}{|a| \cdot |b|} = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}}$$

$$(111)[10\bar{1}] \quad \cos \lambda = \frac{-1}{1 \times \sqrt{2}} = \frac{-1}{\sqrt{2}}$$

$$\cos \phi = \frac{1}{1 \times \sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\tau = \sigma \cos \lambda \cos \phi = \frac{70}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} = 28.577(\text{Mpa})$$

4、多晶体塑变-晶粒取向影响、晶界的影响

5、合金的塑性变形

6、冷变形金属加热时组织性能的变化

7、回复特点和机制

$$\frac{t_1}{t_2} = e^{-\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})}$$

8、再结晶过程、形核机制以及再结晶温度的影响因素

9、晶粒长大类型及影响因素

10、再结晶的组织

11、热变形的动态回复、动态再结晶基本特点

例题：

简述一次再结晶与二次再结晶的驱动力，并如何区分冷、热加工？动态再结晶与静态再结晶后的组织结构的主要区别是什么？

一次再结晶的驱动力是基体的弹性畸变能，而二次再结晶的驱动力是来自界面能的降低。再结晶温度是区分冷、热加工的分界线。动态再结晶后的组织结构虽然也是等轴晶粒，但晶界呈锯齿状，晶粒内还包含着被位错缠结所分割的亚晶粒，这与静态再结晶后所产生的位错密度很低的晶粒不同，故同样晶粒大小的动态再结晶组织的强度和硬度要比静态再结晶的高。动态再结晶后的晶粒大小与流变应力成正比。此外，应变速率越低，形变温度越高，则动态再结晶后的晶粒越大，而且越完整。

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第五讲

主讲老师：鲁家瑞

第二部分

第四章

1、菲克第一、第二定律、扩散方程的几个简单解以及简单应用

$$J = -D \frac{dc}{dx}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial \rho}{\partial x} \right)$$

$$\rho(x, t) = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} + \frac{\rho_1 - \rho_2}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$$\rho(x, t) = \rho_s - (\rho_s - \rho_0) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$$\frac{\rho(\lambda / 2, t) - \rho_0}{\rho_{\max} - \rho_0} = \exp\left(\frac{-\pi^2 Dt}{\lambda^2}\right)$$

2、达肯公式的推导

$$D = D_1 X_2 + D_2 X_1$$

3、扩散的热力学分析以及对于上坡扩散的解释

$$D = kTB_i \frac{\partial \ln \alpha_i}{\partial \ln x_i} = kTB_i \left(1 + \frac{\partial \ln r_i}{\partial \ln x_i} \right)$$

4、扩散的机制、扩散系数的阿累尼乌斯方程以及扩散激活能

$$D = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

5、无规则行走与影响扩散的因素

$$\overline{R_n^2} = n r^2 \text{ 或 } \sqrt{\overline{R_n^2}} = \sqrt{n r^2} \quad \sqrt{\overline{R_n^2}} = 2.45 \sqrt{D t}$$

6、反应扩散的特点

7、离子扩散的空位生成原则以及对于图4.22的解释

8、高分子不同力学状态的分子运动解说

例题：

在 TiO_2 中，由于一部分 Ti^{4+} 还原成 Ti^{3+} ，为使电荷平衡需产生何种缺陷？

Solution：将产生氧离子空位。

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第六讲

主讲老师：鲁家瑞

第六章

1、平衡条件、相律、以及对铁单质相图的解释

2、二氧化硅的多晶型转变

表 6.1 二氧化硅的多晶型转变

高温石英	重建型转变 867℃	高温型鳞石英	重建型转变 1470℃	高温方石英
位移型 转变 573℃		位移型 转变 160℃		位移型 转变 200~270℃
低温石英		中间型鳞石英		低温方石英
		位移型 转变 105℃		
		低温型鳞石英		

3、纯晶体的凝固过程-均匀形核与非均匀形核

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_V + 4\pi r^2 \sigma \quad r^* = -\frac{2\sigma}{\Delta G_V} = \frac{2\sigma \cdot T_m}{L_m \cdot \Delta T}$$

$$N = K \exp\left(\frac{-\Delta G^*}{kT}\right) \exp\left(\frac{-\Delta Q}{kT}\right)$$

$$\Delta G_{k\neq}/\Delta G_k = (2-3\cos\theta + \cos^3\theta)/4$$

4、晶体长大的形态、长大方式以及生长形态

$$V_g = u_1 \Delta T_K \quad V_g = u_2 \exp\left(\frac{-b}{\Delta T_K}\right) \quad V_g = u_3 \Delta T_K^2$$

例题：

当铜在不同冷速下凝固时，会得到不同尺寸的团簇晶粒。当团簇尺寸大于1nm为晶体态，当尺寸小于1nm为非晶态。试求当团簇尺寸分别为1μm和1nm时所需的过冷度。已知： $T_m=1356K$ ， $L_m=1628\times 10^6J/m^3$ ， $\sigma=177\times 10^{-3}J/m^2$ 。

解题方法：

$$r^* = -\frac{2\sigma}{\Delta G_V} = \frac{2\sigma \cdot T_m}{L_m \cdot \Delta T}$$

5、关于细晶与单晶的制备

6、薄膜生长过程中的生长方式

$$\Delta G = nRT \ln \frac{p}{p_e} \quad L = \frac{6.5}{p}$$

7、高分子的结晶特征

第七章

1、固溶体的自由能-成分曲线

$$G = x_A \mu_A^0 + x_B \mu_B^0 + \Omega x_A x_B + RT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

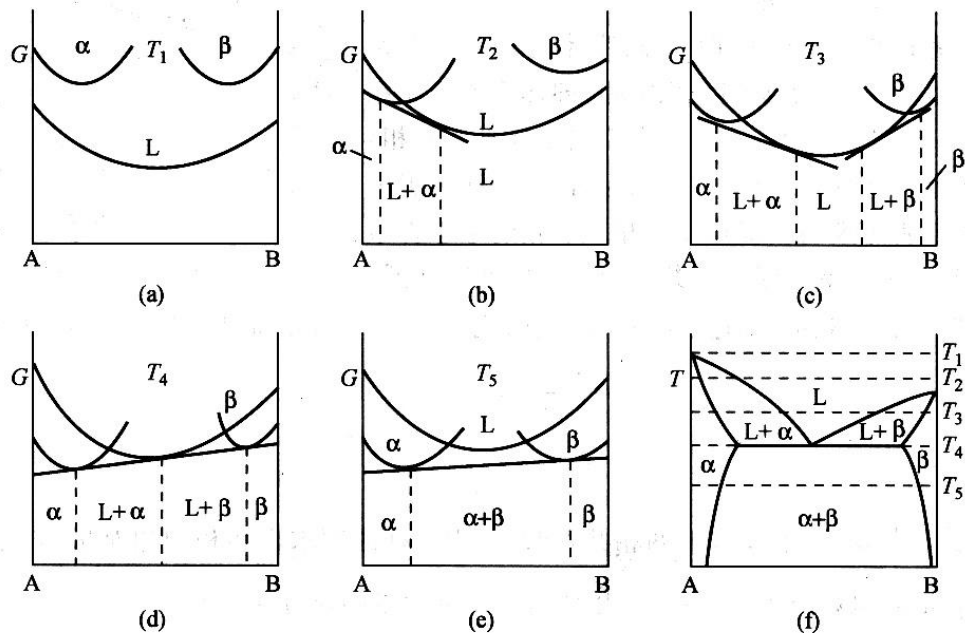
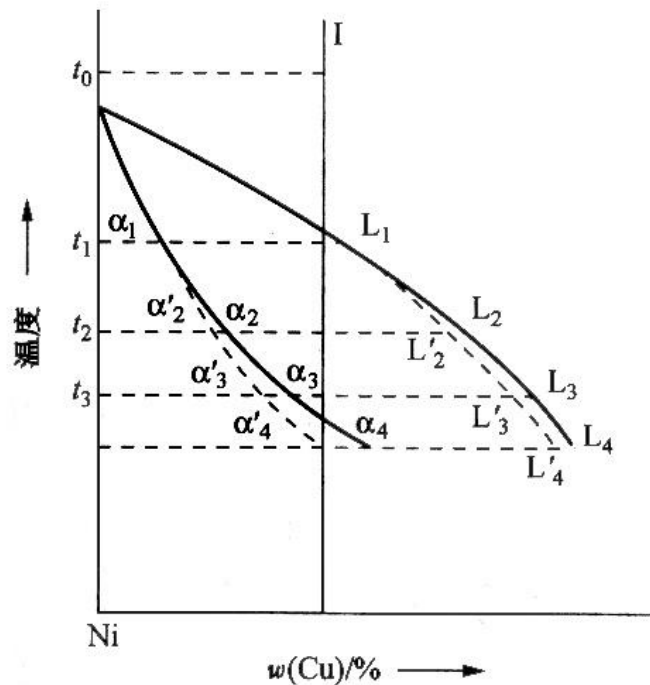


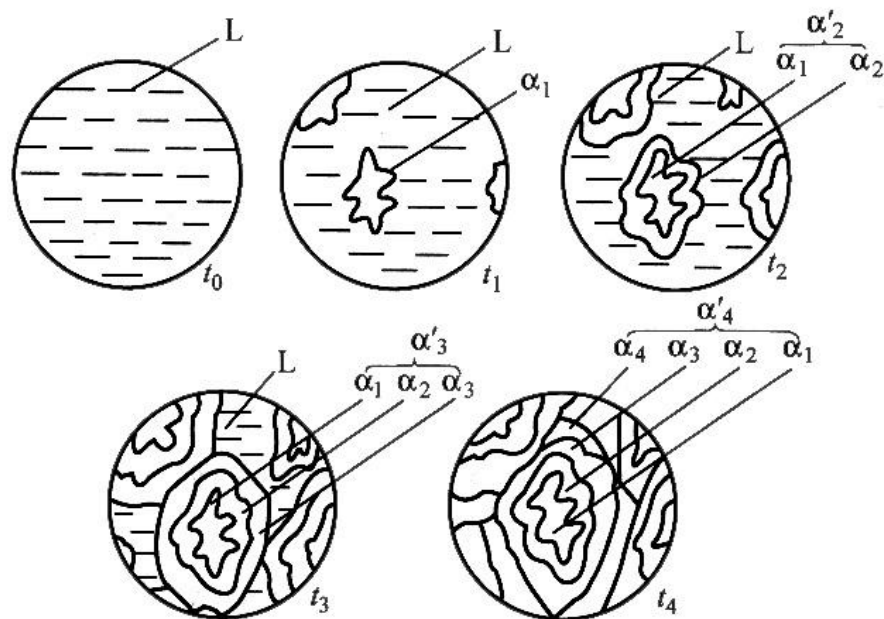
图 7.8 由一系列自由能曲线求得的两组元组成共晶系相图

2、二元相图的几何规律

3、匀晶、共晶和包晶相图的平衡和非平衡凝固



(a)



(b)

图 7.17 固溶体在不平衡凝固时液、固两相的成分变化及组织变化示意图

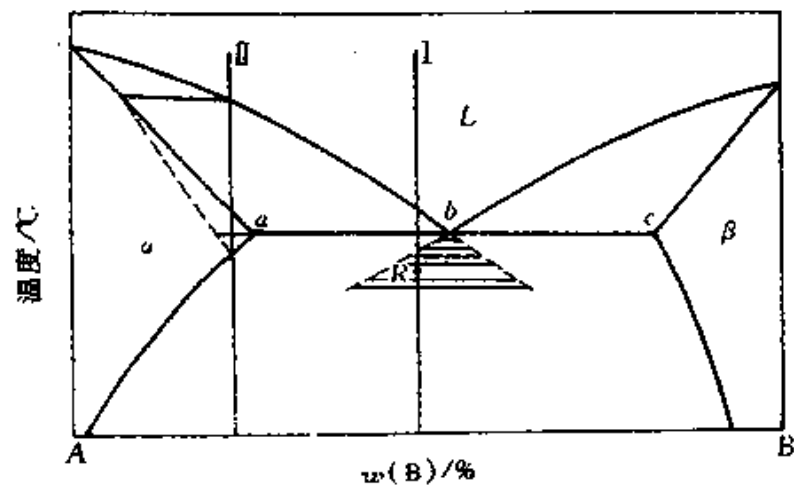


图 7.27 共晶系合金的不平衡凝固

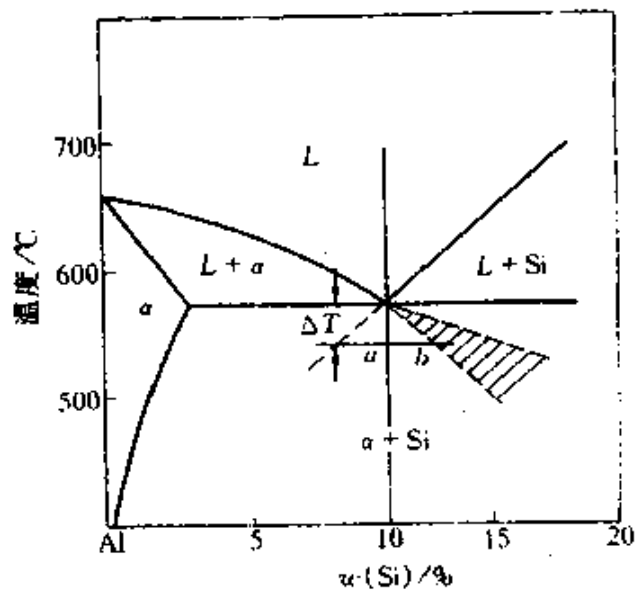


图 7.28 Al-Si合金的伪共晶区

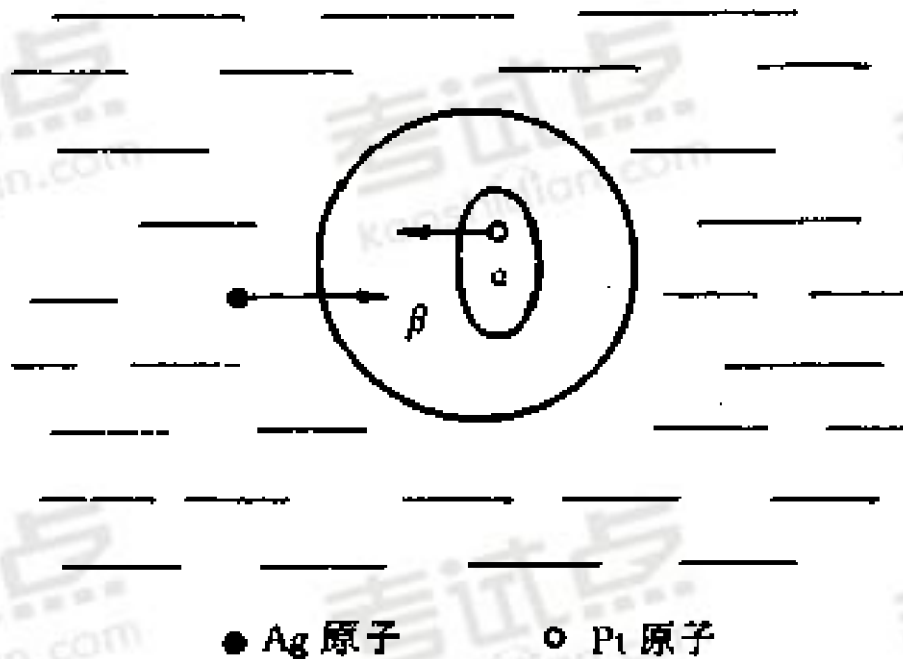


图 7.32 包晶反应时原子迁移示意图

4、溶混间隙和调幅分解的热力学解释

$$\Delta G = \frac{1}{2} \left[G(x + \Delta x) + G(x - \Delta x) \right] - G(x)$$

$$\Delta G = \frac{1}{2} \frac{d^2 G}{dx^2} (\Delta x)^2$$

5、复杂二元相图的分析方法

6、根据相图推测合金的性能

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲 第七讲

主讲老师：鲁家瑞

4、溶混间隙和调幅分解的热力学解释

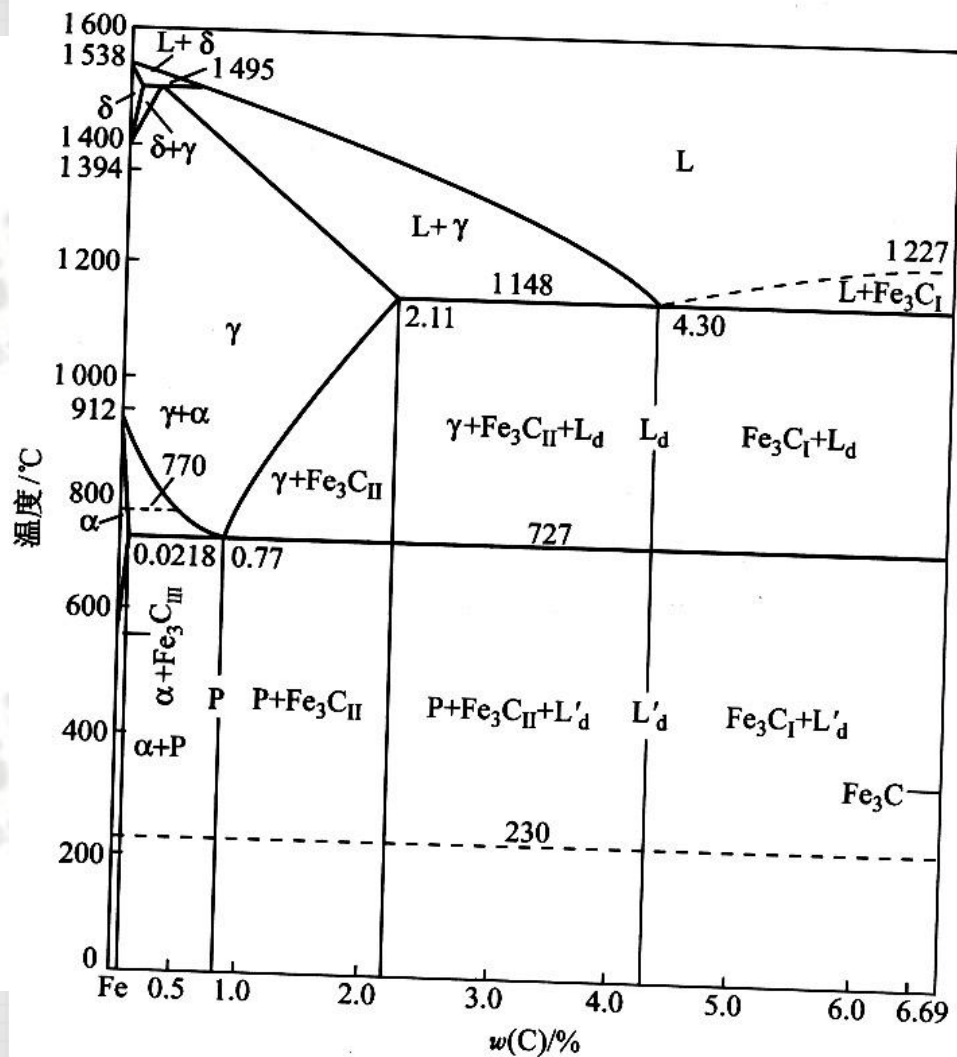
$$\Delta G = \frac{1}{2} \left[G(x + \Delta x) + G(x - \Delta x) \right] - G(x)$$

$$\Delta G = \frac{1}{2} \frac{d^2 G}{dx^2} (\Delta x)^2$$

5、复杂二元相图的分析方法

6、根据相图推测合金的性能

7、铁碳相图



8、凝固理论——正常凝固、有效分配系数、成分过冷

$$\rho_s = \rho_o k_o \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{k_o - 1}$$

$$k_e = \frac{k_0}{k_0 + (1 - k_0)e^{-R\delta/D}}$$

$$G = \frac{Rm\omega_0}{D} \frac{1 - k_0}{k_0},$$

9、共晶凝固理论

$$\varphi = \frac{3\pi r^2 l}{\frac{3\sqrt{3}}{2} \lambda^2 l} < \frac{3\pi (\frac{\sqrt{3}}{2} \lambda)^2 l}{\frac{3\sqrt{3}}{2} \lambda^2 l} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} = 27.6\%。$$

$$G_{CR} = mR(\omega_e - \omega_0) / D$$

10、合金铸件的组织缺陷

第八章

- 1、三元相图成分表示方法
- 2、截面图、投影图和投影图的分析 and 表示方法
- 3、三元相图的总结：相平衡与相区

第九章

- 1、脱溶转变——连续脱溶的脱溶相形状确定关系等知识点
- 2、脱溶的亚稳相
- 3、脱溶分解对性能的影响
- 4、马氏体转变的特点

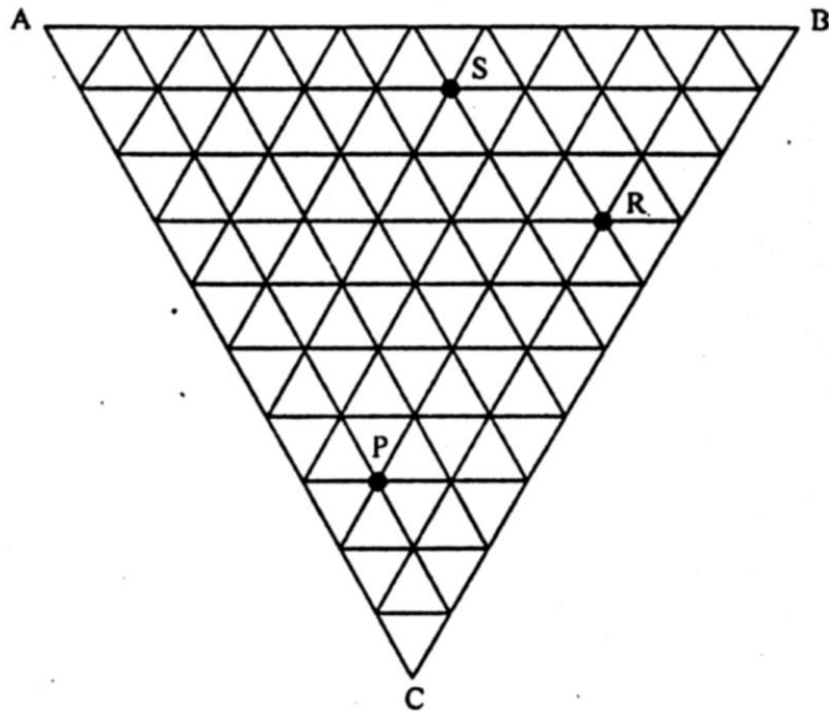
例题：

1 在下图所示的浓度三角形中：

(1) 写出点P、S、R的成分；

(2) 设有2kgP、4kgR、2kgS，求它们混熔后的液体成分点X；

(3) 定出 $w_c=80\%$ 时，A、B组元浓度之比与S相同的合金成分点Y。



第十章

- 1、能带
- 2、电性能——基于能带理论的传导
- 3、光性能

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷

模拟题（一）

主讲老师：鲁家瑞

一、选择题

1、影响高分子链柔顺性的主要因素说法对的是（ B ）。

A主链不影响

B主链中Si-O键要优于C-C键

C主链中Si-O键要弱于C-C键

2、关于密排六方说法对的是（ ）。

A仅是一种点阵结构

B仅是一种晶体结构

C既是点阵结构又是晶体结构

3、既是密堆结构，同时也是ABC方式堆垛的晶体结构是（ ）。

A面心立方

B体心立方

C密排六方

4、同类原子的结合能要小于异类原子的结合，这种固溶体是（ ）

A有序 B无序 C两者都有可能

5、在离子晶体中当离子正负半径比为0.221时，负离子配位多面体应当是（ ）

A三角形 B四面体 C八面体

6、在离子晶体中当离子正负半径比为0.345时，负离子配位多面体应当是（ ）

A四面体 B六面体 C八面体

7、在离子晶体中当离子正负半径比为0.515时，负离子配位多面体应当是（ ）

A八面体 B六面体 C立方体

8、在离子晶体中当离子正负半径比为0.919时，负离子配位多面体应当是（ ）

A立方体 B八面体 C最密堆积

9、在热力学平衡时，晶体中空位（ ）

A没有浓度 B一定的浓度 C越多越稳定

10、晶体结构旋转对称轴不包含____次对称轴。

A、4 **B、5** C、6

11、晶带定律适用的晶隙类型是____。

A、正交 **B、立方** C、六方

12、金属单质的表面能比晶界能____。

A、大 B、小 C、不确定

13、由二氧化钛制备三氧化二钛出现____。

A、间隙钛离子 B、钛离子空位 **C、氧离子空位**

14、玻璃生产工序中的退火的目的是____。

A、增加透光度 **B、消除内应力** C、改变折射率

15、双滑移和F-R源，更有效的位错增殖机制为_____。

A、双滑移 B、F-R源 C、不确定

16、热力学平衡状态下的金属单晶中_____。

A、空位比间隙原子多 B、间隙原子比空位多 C、不确定

17、下列具有更高自由能的是_____。

A、晶体 B、准晶 C、非晶

18、合金的第二相粒子对晶粒长大的影响是_____。

A、和第二相粒子半径成正比，和体积数成反比

B、和第二相粒子半径成反比，和体积数成正比

C、和第二相粒子半径成正比，和体积数成正比

19、在薄膜生长过程中，哪种模型不涉及到晶体外延生长？

A层核生长 B二维生长 C三维生长

20、固溶体的非平衡凝固会导致凝固终结温度（ ）平衡凝固时的终结温度。

A高于 B等于 C低于

21、某二元合金，当第二组元含量增大，其凝固范围增大，在相同凝固条件下，含量增大有利于形成（ ）

A平直界面 B胞状组织 C树枝晶

22、高分子根据它们在高温时力学特征分为热塑性和热固性两类，下列高分子中哪些属于热塑性高分子？

A聚苯乙烯 B聚碳酸酯 C聚乙烯

23、二元合金的恒温转变平面一定是（ ）

A二相 B三相 C四相

24、一个合金从高温淬火到室温，大量高温形成的空位被冻结到室温，为了证明这种现象，最适合使用的测定方法是（ ）

A金相法 B电阻法 C膨胀法

25、金属的颜色是由（ ）波长所决定的

A透射光 B反射光 C吸收光

二、综合题

1、(1) 面心立方 (111) 面上的单位位错 $a/2[-110]$ 分解为两个不全位错，下列哪一个是正确的，说明理由

1) $a/2[-110] = a/6[-12-1] + a/6[-211]$

2) $a/2[-110] = a/6[-121] + a/6[-21-1]$

(2) 从能量角度说明其可行

2、说明热塑性和热固性塑料的区别。

热塑性高分子被加热是软化，冷却时硬化，该特性可重复出现。在分子水平上，当温度提高到使共价键破段的温度之下时，由于分子运动的增加使分子之间的次键结合力减小，以致在外力作用下分子链之间的相对运动容易的多，因此，热塑性材料具有相对软和良好的塑性及冲击韧性，大部分线型链和某些具有柔顺性的支链结构的高分子是热塑性聚合物。

热固性高分子当冷却时呈现硬的特性，在随后的加热过程中也不软化。在最初的热处理过程中，在相邻分子链之间的共价键交联结构已经形成，这些键把链锚住，以致阻止了分子链在高温下的振动和旋转。热固性高分子约有10%~50%的链节被交联。当温度加热超过使交联键断裂和高分子降解时，热固性高分子特性消失。热固性高分子通常比热塑性高分子更硬、更强和更脆，但具有更好地尺寸稳定性。大部分的交联和网络结构的高分子是热固性聚合物。

3、当铜在不同冷速下凝固时，会得到不同尺寸的团簇晶粒。当团簇尺寸大于1nm为晶体态，当尺寸小于1nm为非晶态。试求当团簇尺寸分别为1μm和1nm时所需的过冷度。已知： $T_m=1356K$ ， $L_m=1628\times 10^6J/m^3$ ， $\sigma=177\times 10^{-3}J/m^2$ 。

解：

$$r^* = \frac{2\sigma T_m}{L_m \Delta T}$$

4、写出溶解在 γ -Fe中碳原子所处的位置，若此类位置全部被碳原子占据，那么试问在这种情况下， γ -Fe能溶解多少重量百分数的碳？而实际上在 γ -Fe中最大的溶解度是多少？两者在数值上有差异的原因是什么？

解：固溶于 γ -Fe中的碳原子均处于八面体间隙中，且 γ -Fe中的八面体间隙有4个，与一个晶胞中Fe原子个数相等，所以：

$$C\% = 12 / (12 + 56) \times 100\% = 17.6\%$$

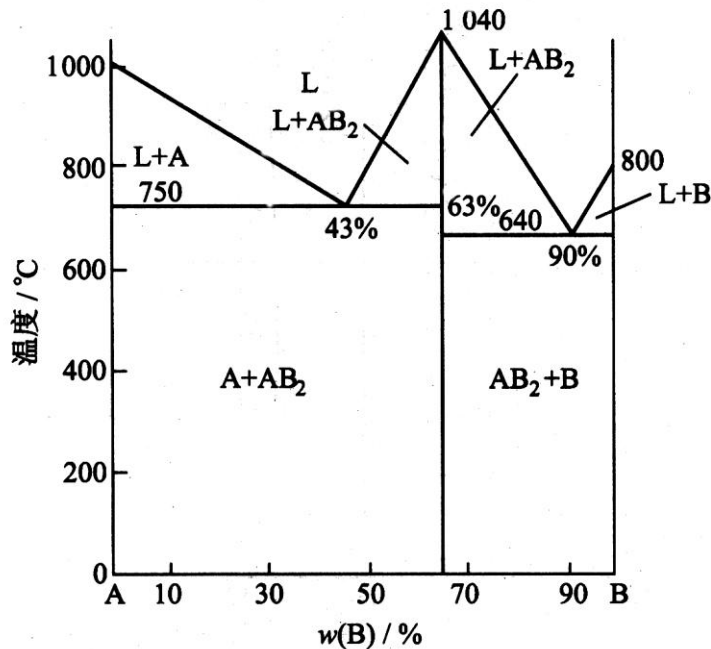
实际上C在 γ -Fe中的最大溶解度为2.11%

两者数值上有较大差异，是因为此固溶体中，碳原子尺寸比间隙尺寸大，会引起点阵晶格畸变，畸变能升高，限制了碳原子的进一步溶解。

5、1 组元A和B在液态完全互溶，但在固态互不溶解，当组元B质量分数为63%时合金在1040°C形成中间化合物。

(1) 试写出中间化合物的分子式；

(2) 试求 $w(B)$ 为20%的合金在750°C共晶反应后先共晶组织（初生相）和共晶组织的相对量、组成相的相对量。（分别用质量分数和摩尔分数表示，已知原子量：A = 28，B = 24）



上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

模拟题（二）

主讲老师：鲁家瑞

一、选择题

1、三元相图中水平截面投影图和垂直截面投影图的作用正确的是

A垂直截面图可以表示浓度随温度变化的关系；

B垂直截面图可以表示相变温度；

C投影图可以表示相变浓度随温度变化的关系；

2、过冷度与临界晶核半径、形核功的关系

A过冷度越大，临界晶核半径越小，形核功越小；

B过冷度越小，临界晶核半径越小。形核功越大；

C不一定

3、根据相图不能判断合金性能是

A工艺性 B使用性能 C机械性能

4、铁碳相图在700摄氏度不可能出现的组织

A a+P B P+Fe₃C **C** Ld

5、ZrO₂中部分离子被Ca²⁺取代时会产生什么空位

A Zr离子空位 **B** O离子空位

6、判断相界。A,B两相晶体结构相同，A相只有2、3个原子厚度，B相1cm,晶格常数相差10%，会形成的相界

A共格 **B**半共格 C非共格

7、高分子熔点与晶片厚度的关系

A晶片厚度越小，熔点越高

B晶片厚度越大，熔点越高

8、螺型位错的弹性应变能是刃型位错的 ()

A 0.25 **B 0.666** C 0.5

9、下列哪个位错可以滑移 ()

A 肖克利不全位错 B 弗兰克不全位错 C 面角位错

10、三个相同的晶界相交于一点，平衡时之间的角度为 ()

A 90° **B 120°** C 60°

11、包申格效应的原因是 ()

A 多晶体在变形时晶界相互作用导致的内应力

B 柯氏气团

C 固溶强化

12、金属镁的晶体结构是 ()

A面心立方 B体心立方 C密排六方

13、层错能低的金属在冷变形大的情况下，我们会发现 ()

A 胞状结构 B 位错塞积群 C 偏析

14、冷变形金属加热时，回复阶段会消除 ()

A宏观内应力 B微观内应力 C点阵畸变

15、当变形程度大的时候，再结晶温度会 ()

A 升高 B 降低 C 无关

16、高分子支化、交联对高分子力学性能的影响

A增加柔顺性 B降低柔顺性甚至丧失柔顺性 C无影响

17、乌尔夫网确定晶向晶面夹角的条件

A两点必须位于赤道或者同一经线 B位于同一圆 C直接读数

18、以下物质 CaF_2 、 Al_2O_3 、 NaCl 点阵类型与其他不同的是

A CaF_2 B Al_2O_3

19、固溶体中溶质原子的分布为偏聚态、无序分布状态、有序排列时的能量大小

A偏聚最大 B无序最大 C有序最大

20、回复阶段性能变化的特点（如参与应力的释放、点缺陷下降）哪个正确

A应力释放 B点缺陷下降

21、晶粒长大尺寸与第二相粒子尺寸和体积分数的关系

A第二相粒子尺寸越小，体积分数越大，晶粒尺寸越小

B第二相粒子尺寸越小，体积分数越小，晶粒尺寸越小

C第二相粒子尺寸越小，体积分数越大，晶粒尺寸越大

22、滑移时只有单一的滑移系开动的阶段是哪个阶段

A易滑移阶段 B线性硬化阶段 C抛物线型硬化阶段

23、理想有序合金的组态熵是 ()

A大于0 B小于0 C0

24、等同原子的密排面的堆垛可形成面心立方和密排六方结构，下列 () 堆垛出现了层错。

A ABCABC B ABABCABAB C BACBACBAC

25、某金属的晶粒细化后可以提高该金属的 ()

A屈服强度 B抗拉强度 C断裂强度

二、综合题

1.举例说明各种结合键的特点。

- (1)金属键：电子共有化，无饱和性，无方向性，趋于形成低能量的密堆结构，金属受力变形时不会破坏金属键，良好的延展性，一般具有良好的导电和导热性。
- (2)离子键：大多数盐类、碱类和金属氧化物主要以离子键的方式结合，以离子为结合单元，无方向性，无饱和性，正负离子静电引力强，熔点和硬度均较高。常温时良好的绝缘性，高温熔融状态时，呈现离子导电性。
- (3)共价键：有方向性和饱和性，原子共用电子对，配位数比较小，结合牢固，具有结构稳定、熔点高、质硬脆等特点，导电能力差。
- (4)范德瓦耳斯力：无方向性，无饱和性，包括静电力、诱导力和色散力。结合较弱。
- (5)氢键：极性分子键，存在于HF，H₂O，NF₃有方向性和饱和性，键能介于化学键和范德瓦耳斯力之间。

2、

1)证明证明共晶成分合金棒状组织与层片状组织的两相题解分数的临界值是27.6%; (证明过程P302-303)

2)解释常温冷却条件下珠光体为什么为层片状组织。
解：

当共析碳钢由奥氏体转变为珠光体时，是由0.77%的均匀固溶体，转变为含碳很高的渗碳体和含碳很低的铁素体的机械混合物。珠光体的形成是成核、长大的结果。由于珠光体是由两个相组成的，因此成核有领先相问题。一般认为共析钢中珠光体形成时的领先相是渗碳体。首先在奥氏体晶界上产生一片渗碳体。这种片状珠光体晶核，按非共格扩散的方式不仅向纵的方向长大，而且也向横的方向长大。渗碳体横向长大时，吸收了两侧的碳原子，而使其两侧的奥氏体碳含量降低，当碳含量降低到足以形成铁素体时，就在渗碳体片两侧出现了铁素体片。新生成的铁素体片，除了伴随渗碳体向纵向生长外，也向横向长大。铁素体横向长大时，必然要向侧面的奥氏体中排出多余的碳，因而增高了侧面奥氏体的碳浓度，这就促进了另一片渗碳体的形成，出现了新的渗碳体片。如此连续下去，就形成了许多铁素体-渗碳体相间的片层。

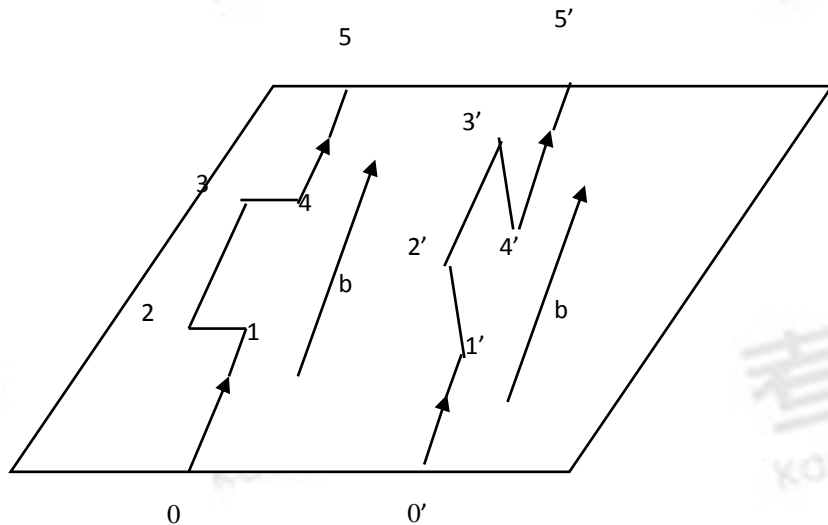
3、

(1) 包晶相图 (第二版269页Pt-Ag包晶图), 画出公切线、给定成分的冷却曲线, 相应反应和平衡组织示意图。

(2) 画出不同温度下自由能成分曲线

4、如图所示的两个螺型位错，一个含有扭折，另一个含有割阶。图上所示的箭头方向为位错线的正方向，扭折部分和割阶部分都为刃型位错。若图示滑移面为fcc的 (111) 面，问这两根位错线段中（指割阶和扭折），

- 1) 哪一根比较容易通过他们自身滑移而去除？为什么？
- 2) 解释含有割阶的螺型位错在移动时怎么样形成空位的。



解：

I. 由于扭折处于原位错所在滑移面上，在线张力的作用下可通过它们自身的滑移而去除。割阶则不然，它与原位错处于不同的面上，fcc的易滑移面为（111），割阶的存在对原位错的运动必定产生阻力，故也难以通过原位错的滑动来去除。

II. 1' 2' 和3' 4' 段均为刃型位错，并且在1' 2' 的左侧多一排原子面，在3' 4' 的右侧多一排原子面，若随着位错线0' 5' 的运动，割阶1' 2' 向左运动或割阶3' 4' 向右运动，则沿着这两段割阶所扫过的面积会产生厚度为一个原子层的空位群。

5、试画图并描述位错增值的双交滑移机制。

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

模拟题（三）

主讲老师：鲁家瑞

一、选择题

1、当变形程度大的时候，再结晶晶粒大小会（ ）

A 升高 B 降低 C 无关

2、回复过程中说法对的是（ ）

A存在孕育期

B储存能释放很少，主要再结晶中释放

C消除微观内应力

3、多边形化中，驱动力主要是（ ）

A应变能的降

低B储存能的释放

4、细化晶粒的作用是（ ）

A 提高强度 B 降低强度 C 两者都有可能

5、单晶体中，形变时各向异性最为明显的是（ ）

A 密排六方 B 面心立方 C 体心立方

6、渗碳过程中，当要渗碳层深度增加一倍时，要求扩散时间要
为原先的（ ）

A 2倍 B 4倍 C 8倍

7、当AB两组元时，A组元含量很少，此时体系的互扩散系数接
近于（ ）

A A组元 B B组元 C 两者的平均值

8、温度升高时，扩散系数会（ ）

A 升高 B 降低 C 不明显

9、形成无限置换固溶体的必要条件是 ()

A.半径差小 B.化学亲和力大 C.晶体结构相同

10、fcc 中不能攀移的位错是 ()

A. $a/2[110]$ B. $a/6[112]$ C. $a/3[111]$

11、两个柏氏矢量垂直的刃形位错交割形成的割阶为 ()

A.刃形位错 B.螺 C.混合

12、离子晶体中， $R^+/R^-=0.525$ 时，形成 () 化合物

A.AB 型 B.AB₂ 型 C.A₂B₃ 型

13.六方[11-20]对应 ()

A.[100] B.[210] C.[110]

14.位错应力场中，螺位错正应力分量全为

A 大于0 B小于0 C 0

15.非金属原子X 填满fcc 金属M 组成的八面体间隙时，形成的间隙相是 ()

A.M₂X B.MX C.MX₂

16.关于层错能，错误的是 ()

A.层错能越高，扩展位错越窄

B. , 冷变形金属越易出现胞状结构

C. , 热加工时越易动态再结晶

17.低碳钢应变时效可通过（）来解释

A.固溶强化 B. Cottrell 气团 C.弹性后效

18.简单立方的致密度（）

A 0.54 B 0.65 C 0.523

19.杂质元素的加入会（）电阻率。

A.提高 B.降低 C.不影响

20.Al 单晶，拉伸轴【123】方向，最先滑移系为（）

A. (110) 【111】 B. (111) 【-101】 C. (-111) 【101】

21.单质凝固均匀形核，形成临界晶核时（）

A.液固相自由能自由能差完全抵消两相界面能

B.体内有结构、能量、成分起伏

C.总的自由能高于未形核时状态

22.铁碳合金中，关于莱氏体和珠光体，错误的是（ ）

A.Ld 内渗碳体含量比P 多

B.含Ld 的合金属铸铁

C.Ld 可变为Ld'

23.二元合金成分过冷表述正确的是（ ）

A.凝固时，成分过冷越大，越易形成树枝晶

B.液相扩散系数越大，越易成分过冷

C.凝固温度越宽，越不易成分过冷

24.合成高分子材料过程，能析出小分子的是（ ）

a.均加聚 b.共加聚 c.缩聚

25.三元相图，三相区与单相区（ ）接触

a.点 b.线 c.面

二、综合题

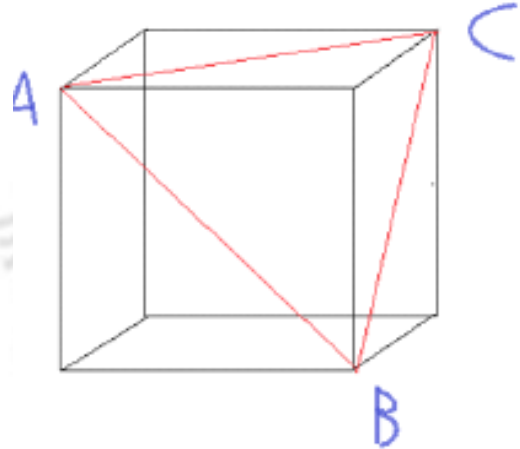
1、试述固态相变非均匀形核的主要方式及它们促进形核的主要原因。

解：固态相变中除少数情况（如过饱和固熔体中G·P区的脱溶）外，均匀形核难以实现。因为固态晶体中存在大量晶体缺陷可供形核，降低晶核形成能，故比均匀形核要容易得多。

晶界形核：由于现成界面的存在可以减少形核界面能，且界面上原子扩散速率比晶内快等，故优先在晶界处形核。

位错形核：位错可从以下几方面促进形核：在刃型位错的拉伸区或压缩区形核，可降低系统的应变能 ϵ ；在新相与母相半共格界面中，界面位错降低界面能，减少形核阻力；在位错区可富集溶质，从而增加过饱和度及 ΔG_V ，即增加相变驱动力；位错的短路扩散，可降低扩散激活能，从而提高形核率；位错分解形成的层错，有利于某些相的形核。

- 2.
- (1) ABC 晶面指数, AB 晶向指数
 - (2) 若ABC 面和AB 为一个滑移系, 请问是什么结构
 - (3) 若原子半径 $r=0.135\text{nm}$, 问单位位错柏氏矢量值。
 - (4) 若切变模量 $G=4 \times 10^{10} \text{N/m}^2$, 冷变形后位错密度为 $10^{11}/\text{cm}^2$, 试着估算单位体积铜晶体位错应变能
 - (5) 刃位错柏氏矢量为【110】, 位错线为AC, 问能否滑移。



3、铁碳相图

(1) 画铁碳相图

(2) 求解含碳量为2.11%的铁碳合金冷却凝固后二次渗碳体的含量

(3) 画出含碳量为2.11%的铁碳合金冷却曲线

4、推导纯金属凝固过程的临界晶核半径

上海交通大学

827材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

模拟题（四）

主讲老师：鲁家瑞

一、选择题

1、三元系中的渗层中，最多会有几相共存（ ）

A 1 B 2 C 3

2、对于液固界面为粗糙界面的金属来讲，晶体的长大方式有（ ）

A 连续长大 B 二维长大 C 借螺型位错长大

3、气相沉积中，形核率主要受（ ）影响。

A 形核功因子 B 扩散因子影响 C 两者都有影响

4、高分子的熔融升温是（ ）造成的

A 结晶的不完整性 B 有球晶的存在 C 正常现象

5、下列一定没有形核过程的有（ ）

A 调幅分解 B 溶混间隙 C 马氏体相变

6、过共晶白口铸铁的先共晶相是一次渗碳体，其生长方式是（ ）

A 树枝状 B 条状 C 胞状生长

7、当凝固速度极快时，其有效分配系数为（ ）

A 1 B 大于1 C 小于1

8、当凝固速度极慢时，其有效分配系数为（ ）

A 1 B k_0

9、三元相图中，单相状态的截面图（ ）

A 任何形状 B 有共轭线

10、对于共格或半共格的脱溶相来讲，当错配度小的时候脱溶相趋于（ ）

A 球形 B 薄片状 C 立方形

11.柯肯达尔效应，标记面移动的主要原因是（ ）

A.两组元原子半径不同

B.空位浓度不同

C.扩散速率不同

12.高分子独有（ ）

a.玻璃态 b.高弹态 c.黏流态

13. TiO_2 中，四价Ti 离子被还原为三价，将会出现（）

A Ti 离子空位 B 过氧 C 缺氧

14. 二元反应扩散（）

A. 存在两相混合区 B. 可三相混合 C. 只有单相

15. 下列固态相变中，成分和结构均发生变化的是（）

A. 贝氏体转变 B. 调幅分解 C. 多型性转变

16. 立方晶系中，垂直于【111】方向的晶向是

A 【110】 B 【-211】 C 【011】

17、晶体的宏观对称元素3次对称反演轴等同于

A $3+m$ B3 C $3+I$

18、在(1-11)面上运动的柏氏矢量为 $a/2$ 【110】的螺型位错受阻时，能通过交滑移转移到()滑移面继续运动。

A(111) B(-111) C(1-10)

19、对于线性非晶态高分子说法正确的是()

A高弹态链段被冻结，此时只有比链段更小的运动单元

B粘流态可以使整个大分子链质心发生相对移动

C玻璃态链段可以自由旋转，但是大分子质心不可相对运动

20、柯肯达尔效应的主要作用

A证明了空位机制 B证明了间隙机制 C证明了交换机制

21、微量溶质原子对再结晶温度的影响 ()

A阻碍再结晶过程，提高再结晶温度

B降低再结晶温度

C根据溶质多少影响不同

22、对于固液界面的构造，大部分金属属于

A粗糙界面 B光滑界面 C随机分布

23、二元相图的几何规律说法错的是

A相邻相区相数相差为1

B三相平衡为一条水平线

C三相与单相区以小线段相接

24、没有形核长大的是（ ）

A调幅分解 B马氏体相变 C贝氏体相变

25、共晶合金的工艺性能有（ ）

A共晶合金铸态组织致密

B共晶组织压力加工不易开裂

C共晶组织可以用来细化晶粒

二、综合题

1、铁的回复激活能为88.9KJ/mol，如果将经冷变形的铁在400℃下进行回复，使其残留加工硬化为60%需要160min，问在450℃下回复处理至同样的效果需要多少时间？

$$\frac{t_1}{t_2} = e^{-\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})}$$

$$t_2 = \frac{t_1}{e^{-\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})}} = \frac{160}{e^{-\frac{80.9}{8.31}(\frac{1}{723} - \frac{1}{673})}} = 59(\text{min})$$

2、简述一次再结晶与二次再结晶的驱动力，并如何区分冷、热加工？动态再结晶与静态再结晶后的组织结构的主要区别是什么？

解：

一次再结晶的驱动力是基体的弹性畸变能，而二次再结晶的驱动力是来自界面能的降低。再结晶温度是区分冷、热加工的分界线。动态再结晶后的组织结构虽然也是等轴晶粒，但晶界呈锯齿状，晶粒内还包含着被位错缠结所分割的亚晶粒，这与静态再结晶后所产生的位错密度很低的晶粒不同，故同样晶粒大小的动态再结晶组织的强度和硬度要比静态再结晶的高。动态再结晶后的晶粒大小与流变应力成正比。此外，应变速率越低，形变温度越高，则动态再结晶后的晶粒越大，而且越完整。

3、假设内部原子从A处迁移到B处，在A处500°C时的跳跃频率(Γ_A)为 $5 \times 10^8 \text{ jumps/s}$ ，在B处800°C时的跳跃频率(Γ_B)为 $8 \times 10^8 \text{ jumps/s}$ ，计算这个过程的激活能Q。

解：

$$D = \Gamma d^2 P$$

$$\text{得 } \Gamma = (d^2 P)^{-1} D = C_0 D = C_0 \exp(-Q/RT)$$

4、纯金属的均匀形核率可用下式表示：

$$\dot{N} = 10^{33} \exp\left(-\frac{\Delta G^*}{kT}\right)$$

其中 ΔG^* 为临界形核功， k 为玻尔兹曼常数，其值为 $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ 。

1) 假设过冷度 ΔT 分别为 30°C 和 300°C ，界面能 $\sigma = 2 \times 10^{-5} \text{ J/cm}^2$ ，熔化热 $\Delta H_m = 12600 \text{ J/mol}$ ，熔点 $T_m = 1000 \text{ K}$ ，摩尔体积 $V = 6 \text{ cm}^3/\text{mol}$ ，计算均匀形核率 N 。

2) 若为非均匀形核，晶核与杂质的接触角 $\theta = 30^\circ$ ，则 N 如何变化？

$$\Delta G^* = \left(-\frac{16\pi\sigma^3 T_m^2 V^2}{3\Delta H^2 \Delta T^2} \right)$$

$$\Delta G_{in}^* = \Delta G^* \left(\frac{2 - 3 \cos 30^\circ + \cos^3 30^\circ}{4} \right) = 0.129 \Delta G^*$$

5、连续脱溶过程中，阐述一下决定脱溶相形状的因素