

---

## 《材料科学基础》考试大纲

### 一、考试内容

#### 1. 工程材料中的原子排列

- (1) 原子键合，工程材料种类；
- (2) 原子的规则排列：晶体结构与空间点阵，晶向及晶面的特点及表示，金属的晶体结构，陶瓷的晶体结构。
- (3) 原子的不规则排列：点、线、面缺陷的类型及特征，位错的弹性性质，实际晶体中的位错。

#### 2. 固体中的相结构

- (1) 固溶体的分类、性能及特征
- (2) 金属间化合物的分类、性能及特征；
- (3) 玻璃相性能及特征。

#### 3. 凝固与结晶

- (1) 结晶的基本规律、基本条件；
- (2) 晶核的形成与长大；
- (3) 结晶理论的应用。

#### 4. 二元相图

- (1) 相图的基本知识；
- (2) 二元匀晶相图及固溶体的结晶，共晶相图及共晶转变，包晶相图及包晶转变；
- (3) 二元相图的分析方法，其他类型二元相图及其应用，相图的热力学基础。

#### 5. 固体中的扩散：

- (1) 扩散定律及其应用；
- (2) 扩散的微观机理，影响扩散的因素；
- (3) 扩散的热力学理论；
- (4) 反应扩散。

#### 6. 塑性变形：

- (1) 单晶体的塑性变形；
- (2) 多晶体的塑性变形；
- (3) 合金的塑性变形；
- (4) 冷变形金属的组织与性能，超塑性。

#### 7. 回复与再结晶：

- (1) 冷变形金属在加热时的变化；
- (2) 回复机制；
- (3) 再结晶及再结晶后的晶粒长大；

(4) 金属的热变形。

## 二、参考书目

1. 《材料科学基础》(第二版), 刘智恩, 西北工业大学出版社, 2003
  2. 《材料科学基础》, 胡庚祥, 蔡珣, 上海交通大学出版社, 2000
  3. 《材料科学基础》, 石德珂, 西安交通大学出版社, 2000
  4. 《材料科学基础》, 潘金生, 仝健民, 清华大学出版社, 1998
- 2004 年西北工业大学硕士研究生入学试题

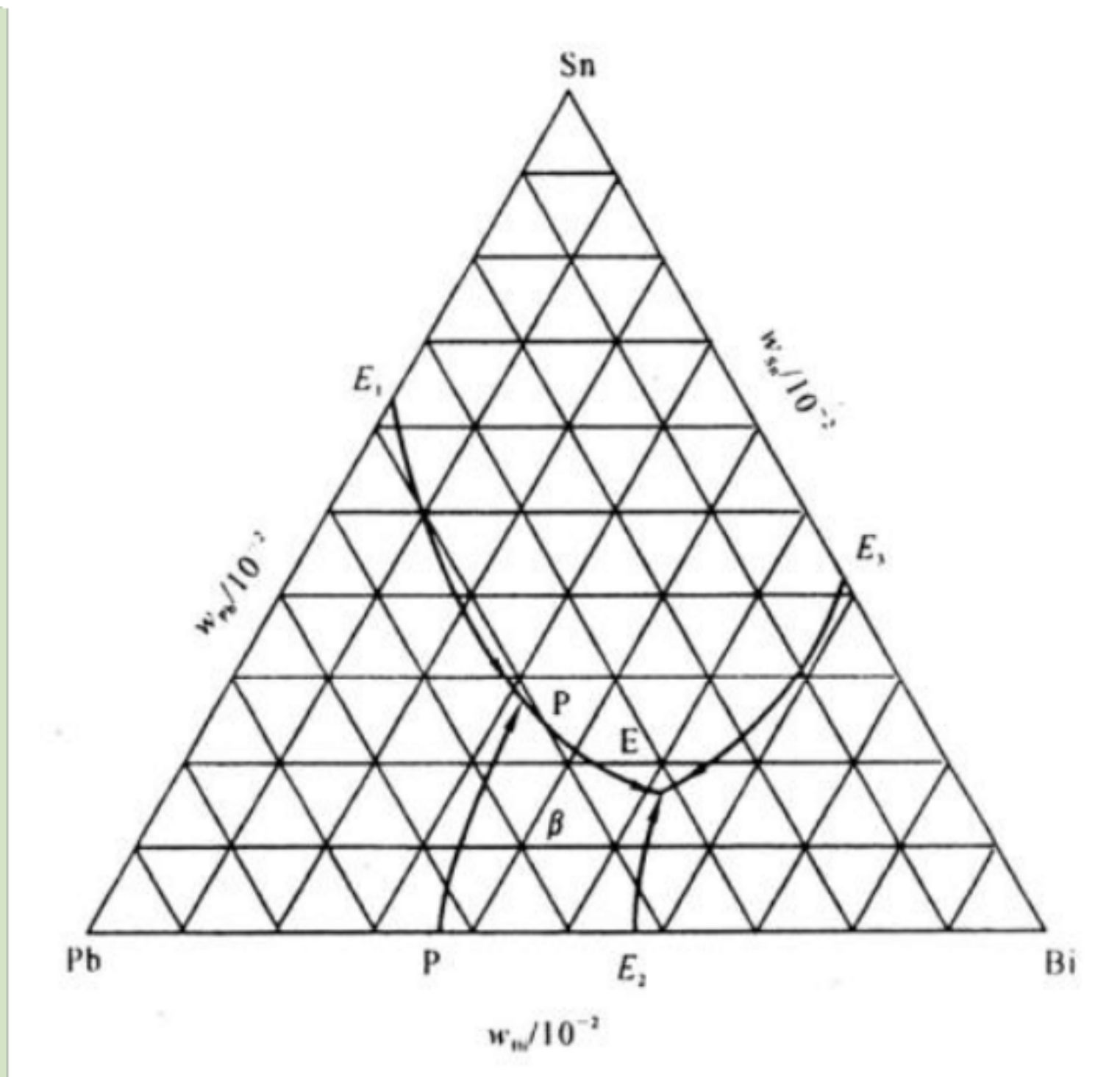
## 题

### 一、简答题：(共 40 分，每小题 8 分)

- 1、请简述间隙固溶体、间隙相、间隙化合物的异同点？
- 2、请简述影响扩散的主要因素有哪些。
- 3、临界晶核的物理意义是什么？形成临界晶核的充分条件是什么？
- 4、有哪些因素影响形成非晶态金属？为什么？
- 5、合金强化途径有哪些？各有什么特点？

### 二、计算、作图题：(共 60 分，每小题 12 分)

- 1、求 [11] 和 [20] 两晶向所决定的晶面，并绘图表示出来。
- 2、氧化镁 (MgO) 具有 NaCl 型结构，即具有  $O^{2-}$  离子的面心立方结构。问：  
(1) 若其离子半径  $r_{Mg^{2+}} = 0.066\text{nm}$ ,  $r_{O^{2-}} = 0.140\text{nm}$ , 则其原子堆积密度为多少？  
(2) 如果  $r_{Mg^{2+}}/r_{O^{2-}} = 0.41$ , 则原子堆积密度是否改变？
- 3、已知液态纯镍在  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1 大气压), 过冷度为 319 K 时发生均匀形核, 设临界晶核半径为 1nm, 纯镍熔点为 1726 K, 熔化热  $H_m = 18075 \text{ J/mol}$ , 摩尔体积  $V_s = 6.6 \text{ cm}^3/\text{mol}$ , 试计算纯镍的液 - 固界面能和临界形核功。
- 4、图示为 Pb-Sn-Bi 相图投影图。问：  
(1) 写出合金 Q ( $w_{Bi} = 0.7$ ,  $w_{Sn} = 0.2$ ) 凝固过程及室温组织；  
(2) 计算合金室温下组织组成物的相对含量。



5、有一钢丝（直径为 1mm）包复一层铜（总直径为 2mm）。若已知钢的屈服强度  $\sigma_s = 280\text{MPa}$ ，弹性模量  $E_s = 205\text{GPa}$ ，铜的  $\sigma_c = 140\text{MPa}$ ，弹性模量  $E_c = 110\text{GPa}$ 。问：

- （1）如果该复合材料受到拉力，何种材料先屈服？
- （2）在不发生塑性变形的情况下，该材料能承受的最大拉伸载荷是多少？
- （3）该复合材料的弹性模量为多少？

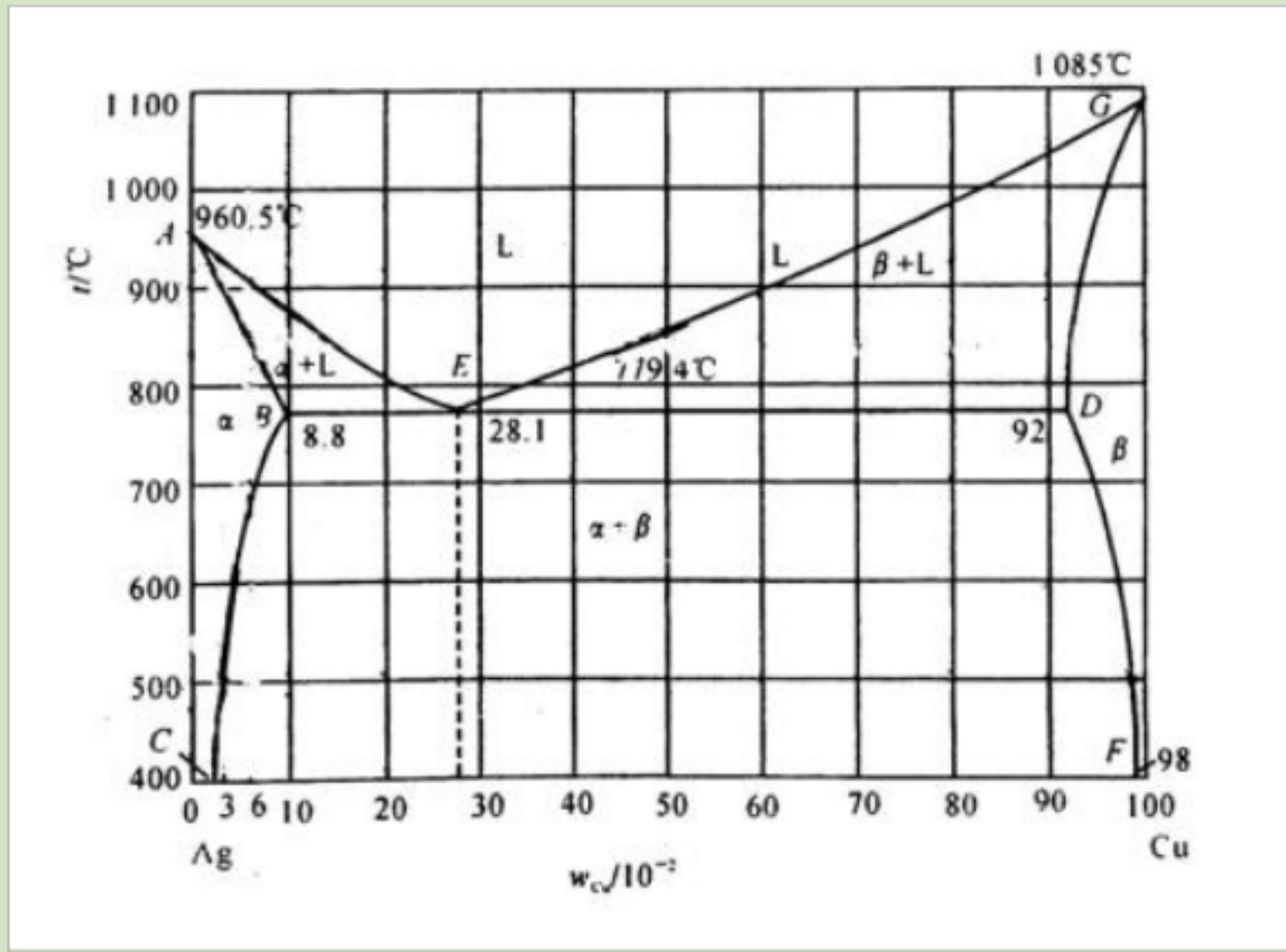
三、综合分析题：（共 50 分，每小题 25 分）

[10]。1、某面心立方晶体的可动滑移系为  $(111)$ 、

- （1）请指出引起滑移的单位位错的柏氏矢量；
- （2）若滑移由刃位错引起，试指出位错线的方向；
- （3）请指出在（2）的情况下，位错线的运动方向；
- （4）假设在该滑移系上作用一大小为  $0.7\text{MPa}$  的切应力，试计算单位刃位错线受力的大小和方向（取点阵常数为  $a = 0.2\text{nm}$ ）。

2、若有，某一 Cu-Ag 合金（ $w_{\text{Cu}} = 0.075$ ， $w_{\text{Ag}} = 0.925$ ）1Kg，请提出一种方案

从该合金中提炼出 100g 的 Ag，且要求提炼得到的 Ag 中的 Cu 含量  $w_{Cu}$  低于 0.02。（假设液相线和固相线固相线均为直线）。



2005 年西北工业大学硕士研究生入学  
试题

一、简答题（每题 8 分，共 40 分）

1. 请简述二元合金结晶的基本条件有哪些。
2. 同素异晶转变和再结晶转变都是以形核长大方式进行的，请问两者之间有何差别？
3. 两位错发生交割时产生的扭折和割阶有何区别？
4. 请简述扩散的微观机制有哪些？影响扩散的因素又有哪些？
5. 请简述回复的机制及其驱动力。

二、计算、作图题：（共 60 分，每小题 12 分）

1. 在面心立方晶体中，分别画出、和、，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？若外力方向为  $[001]$ ，请问哪些滑移系可以开动？
2. 请判定下列位错反应能否进行，若能够进行，请在晶胞图上做出矢量图。

(1)

$$\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] \rightarrow a[001]$$

(2)

$$\frac{a}{2}[110] \rightarrow \frac{a}{6}[12\bar{1}] + \frac{a}{6}[211]$$

，请回答：3. 假设某面心立方晶体可以开动的滑移系为

(1) 给出滑移位错的单位位错柏氏矢量；

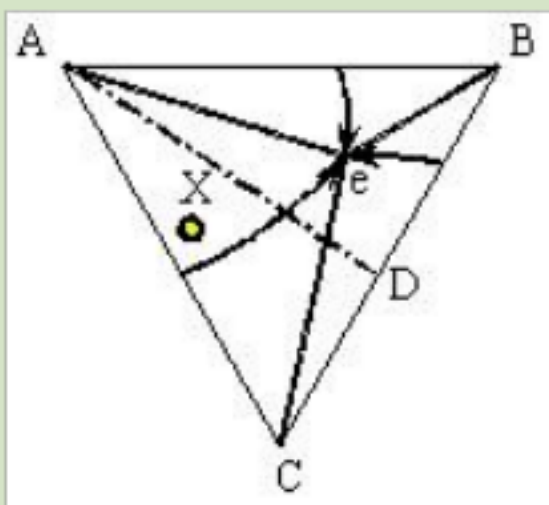
(2) 若滑移位错为纯刃位错，请指出其位错线方向；若滑移位错为纯螺位错，其位错线方向又如何？

4. 若将一块铁由室温 20 加热至 850 ，然后非常快地冷却到 20 ，请计算处理前后空位数变化（设铁中形成 1mol 空位所需的能量为 104675 J，气体常数为 8.314J/mol K·）。

5. 已知三元简单共晶的投影图，见附图，

(1) 请画出 AD 代表的垂直截面图及各区的相组成（已知 TA>TD ）；

(2) 请画出 X 合金平衡冷却时的冷区曲线，及各阶段相变反应。



三、综合分析题：（共 50 分，每小题 25 分）

1. 请对比分析加工硬化、细晶强化、弥散强化、复相强化和固溶强化的特点和机理。

2. 请根据所附二元共晶相图分析解答下列问题：

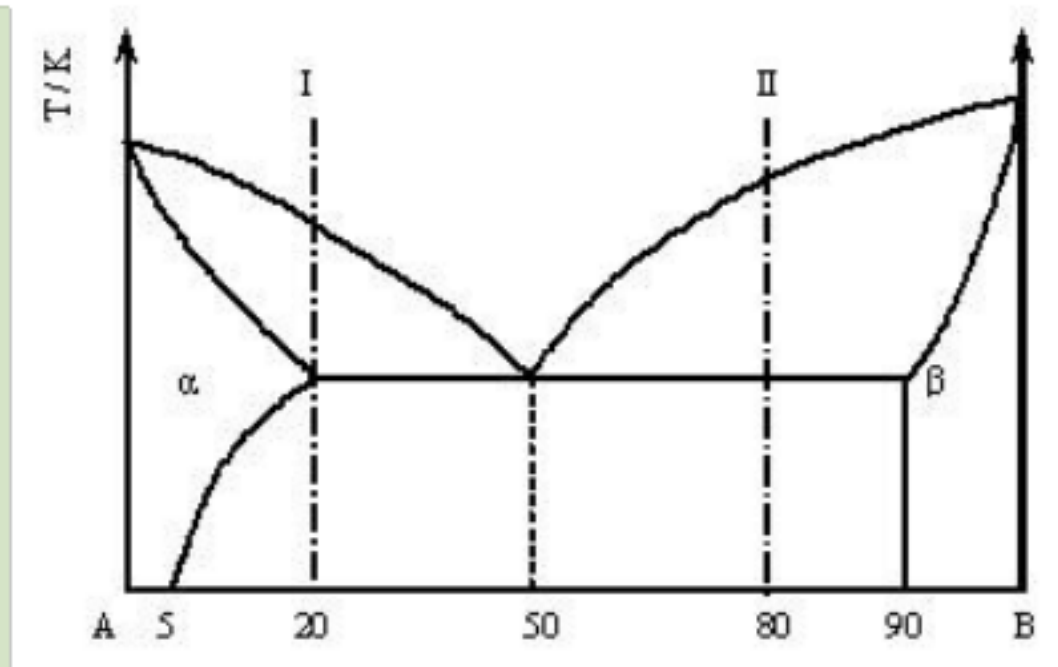
(1) 分析合金 I、II 的平衡结晶过程，并绘出冷却曲线；

(2) 说明室温下 I、II 的相和组织是什么？并计算出相和组织的相对含量；

(3) 如果希望得到共晶组织和 5% 的初的合金，求该合金的成分；

(4) 分析在快速冷却条件下，I、II 两合金获得的组织有何不同。





2006 年西北工业大学硕士研究生入学试题

一、简答题（每题 10 分，共 50 分）

1. 试从结合键的角度，分析工程材料的分类及其特点。
2. 位错密度有哪几种表征方式？
3. 陶瓷晶体相可分为哪两大类？有何共同特点？
4. 冷轧纯铜板，如果要求保持较高强度，应进行何种热处理？若需要继续冷轧变薄时，又应进行何种热处理？
5. 扩散激活能的物理意义为何？试比较置换扩散和间隙扩散的激活能的大小。

二、作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 已知碳在  $\gamma$ -Fe 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由 927 上升到 1027 时，扩散系数变化了多少倍？（气体常数  $R=8.314 \text{ J/(mol.K)}$ ）
2. 已知某低碳钢  $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$ ， $K=393.7$ ，若晶粒直径为  $50 \mu\text{m}$ ，该低碳钢的屈服强度是多少？
3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

$[01\bar{1}]$

4. 和

$[11\bar{2}]$

均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上，因此理论上

$(111)[01\bar{1}]$

和

$$(111)[11\bar{2}]$$

的滑移均是可能的。

( 1 ) 画出 (111) 晶面及单位滑移矢量

$$[01\bar{1}]$$

和

$$[11\bar{2}]$$

。

( 2 ) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。

三、综合分析题 ( 每题 20 分 , 共 40 分 )

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。
2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

2004 年西北工业大学硕士研究生入学试

题 参考答案

一、简答题 : ( 共 40 分 , 每小题 8 分 )

1、请简述间隙固溶体、间隙相、间隙化合物的异同点 ?

答 : 相同点 : 小原子溶入。

不同点 : 间隙固溶体保持溶剂 ( 大原子 ) 点阵 ;

间隙相、间隙化合物改变了大原子点阵 , 形成新点阵。间隙相结构简单 ; 间隙化合物结构复杂。

2、请简述影响扩散的主要因素有哪些。

答 : 影响扩散的主要因素 : ( 1 ) 温度 ;

( 2 ) 晶体结构与类型 ;

( 3 ) 晶体缺陷 ;

( 4 ) 化学成分。

3、临界晶核的物理意义是什么 ? 形成临界晶核的充分条件是什么 ?

答 : 临界晶核的物理意义 : 可以自发长大的最小晶胚 ( 或 , 半径等于  $r_k$  的晶核 )

形成临界晶核的充分条件 : ( 1 ) 形成  $r_k$  的晶胚 ;

( 2 ) 获得  $\Delta A^*$  ( 临界形核功 ) 的形核功。

4、有哪些因素影响形成非晶态金属 ? 为什么 ?

答：液态金属的粘度：粘度越大原子扩散越困难，易于保留液态金属结构。  
冷却速度；冷却速度越快，原子重新排列时间越短，越容易保留液态金属结构。

5、合金强化途径有哪些？各有什么特点？

答：细晶强化、固溶强化、复相强化、弥散强化（时效强化）加工硬化。

二、计算、作图题：（共 60 分，每小题 12 分）

1、求 [11] 和 [20] 两晶向所决定的晶面，并绘图表示出来。

答：设所求的晶面指数为  $(hkl)$   $1 \parallel [11] \Rightarrow h:k:l :: (112)0 \parallel [20]$  则

2、氧化镁 (MgO) 具有 NaCl 型结构，即具有  $O^{2-}$  离子的面心立方结构。问：  
 $r_{Mg^{2+}}(1)$  若其离子半径  $Mg=0.066nm$ ， $O^{2-}=0.140nm$ ，则其原子堆积密度为多少？

$r_{Mg^{2+}}(2)$  如果  $Mg/O^{2-}=0.41$ ，则原子堆积密度是否改变？

$a=2(r_{Mg^{2+}}+r_{O^{2-}})=0.412nm$  答：(1) 点阵常数  $a=2(r_{Mg^{2+}}+r_{O^{2-}})=0.412nm$

$Pf=0.733a$  堆积密度

(2) 堆积密度会改变，因为  $Pf$  与两异号离子半径的比值有关。

3、已知液态纯镍在  $1.013 \times 10^5 Pa$  (1 大气压)，过冷度为  $319 K$  时发生均匀形核，设临界晶核半径为  $1nm$ ，纯镍熔点为  $1726 K$ ，熔化热  $H_m=18075J/mol$ ，摩尔体积  $V_s=6.6cm^3/mol$ ，试计算纯镍的液-固界面能和临界形核功。

$2 \gamma_L \gamma_H \gamma_T \gamma_{GB} \gamma_{Tm} \gamma_{GmB}$ ，答：因为

所以  $r_{GB} \gamma_H \gamma_T \gamma_{GB} \gamma_{Tm} \gamma_{GmB}$

$216 \gamma_{Tm} \gamma_{GmB} \gamma_{GB} \gamma_{Tm} \gamma_{GmB}$

4、图示为 Pb-Sn-Bi 相图投影图。问：

(1) 写出合金 Q ( $w_{Bi}=0.7$ ， $w_{Sn}=0.2$ ) 凝固过程及室温组织；

(2) 计算合金室温下组织组成物的相对含量。

答：(1) 冷却至液相面析出 Bi： $L \rightarrow Bi$  初，随温度降低 Bi 增多，液相成分沿 Bi-Q 的延长线向 E3E 移动；

液相成分达到 E3E 后发生共晶反应， $L \rightarrow (Sn+Bi)$  共，液相成分沿 E3E 向 E 移动；

液相成分达到 E 后，发生三元共晶反应  $L \rightarrow (Sn+Bi+Pb)$  共，随后冷却不再变化。

室温组织为： $Bi$  初 +  $(Sn+Bi)$  共 +  $(Sn+Bi+Pb)$  共

(2)  $w_{Bi} \text{ 初} = 2.88$ ； $w \text{ (Sn+Bi) 共} = 0.407$ ； $w \text{ (Sn+Bi+Pb) 共} = 0.305$

5、有一钢丝（直径为  $1mm$ ）包复一层铜（总直径为  $2mm$ ）。若已知钢的屈服强度  $\sigma_s=280MPa$ ，弹性模量  $E_s=205GPa$ ，铜的  $\sigma_s=140MPa$ ，弹性模量  $E_{Cu}=110GPa$ 。问：



- (1) 如果该复合材料受到拉力，何种材料先屈服？  
 (2) 在不发生塑性变形的情况下，该材料能承受的最大拉伸载荷是多少？  
 (3) 该复合材料的弹性模量为多少？

答：两金属的弹性应变相等，即：

$$\left(\frac{F}{E}\right)_{st} = \left(\frac{F}{E}\right)_{Cu}$$

$$205000 \times 1.86 = 100000 \times \left(\frac{F}{E}\right)_{Cu}$$

(1) Cu 先屈服；

$$F_{总} = F_{st} + F_{Cu} = 140 \times 10^3 + 280 \times 10^3 = 560 \times 10^3 \text{ N}$$

$$E_{复合} = \frac{F_{总}}{\left(\frac{F}{E}\right)_{st}} = \frac{560 \times 10^3}{1.86} = 300000 \text{ MPa}$$

三、综合分析题：（共 50 分，每小题 25 分）

[10]。 1、某面心立方晶体的可动滑移系为 (11)、

- (1) 请指出引起滑移的单位位错的柏氏矢量；  
 (2) 若滑移由刃位错引起，试指出位错线的方向；  
 (3) 请指出在 (2) 的情况下，位错线的运动方向；  
 (4) 假设在该滑移系上作用一大小为 0.7MPa 的切应力，试计算单位刃位错线受力的大小和方向（取点阵常数为  $a = 0.2\text{nm}$ ）。

ab [10]2 答：(1) 柏氏矢量：  
 (2) 位错线方向：[112]；  
 (3) 位错线运动方向平行于柏氏矢量；

$$F = b \tau = 0.2 \times 10^{-9} \times 0.7 \times 10^6 = 1.4 \times 10^{-4} \text{ N/m}$$

2、若有，某一 Cu-Ag 合金 ( $w_{Cu} = 0.075$ ,  $w_{Ag} = 0.925$ ) 1Kg，请提出一种方案从该合金中提炼出 100g 的 Ag，且要求提炼得到的 Ag 中的 Cu 含量  $w_{Cu}$  低于 0.02。（假设液相线和固相线固相线均为直线）。

答：1. 将 1Kg 合金加热至 900 以上熔化，缓慢冷却至 850，倒去剩余液体，所得固体 a1 约 780g， $w_{Cu} = 0.055$ ；  
 2. 将 a1 熔化，缓慢冷却至 900，倒去剩余液体，得 a2 约 380g， $w_{Cu} = 0.03$ ；  
 3. 将 a2 熔化，缓慢冷却至 920，倒去剩余液体，得 a3 约 260g， $w_{Cu} = 0.02$ ；  
 4. 将 a3 熔化，缓慢冷却至 935，倒去剩余液体，得 a4 约 180g， $w_{Cu} = 0.013$ ，即可。

2005 年西北工业大学硕士研究生入学试

题 参考答案

一、简答题（每题 8 分，共 40 分）

1. 请简述二元合金结晶的基本条件有哪些。

答：热力学条件  $G < 0$

结构条件：  $r > r^*$

能量条件：  $A > G_{\max}$

成分条件

2. 同素异晶转变和再结晶转变都是以形核长大方式进行的，请问两者之间有何差别？

答：同素异晶转变是相变过程，该过程的某一热力学量的倒数出现不连续；再结晶转变只是晶粒的重新形成，不是相变过程。

3. 两位错发生交割时产生的扭折和割阶有何区别？

答：位错的交割属于位错与位错之间的交互作用，其结果是在对方位错线上产生一个大小和方向等于其柏氏矢量的弯折，此弯折即被称为扭折或割阶。扭折是指交割后产生的弯折在原滑移面上，对位错的运动不产生影响，容易消失；割阶是不在原滑移面上的弯折，对位错的滑移有影响。

4. 请简述扩散的微观机制有哪些？影响扩散的因素又有哪些？

答：置换机制：包括空位机制和直接换位与环形换位机制，其中空位机制是主要机制，直接换位与环形换位机制需要的激活能很高，只有在高温时才能出现。 间隙机制：包括间隙机制和填隙机制，其中间隙机制是主要机制。

影响扩散的主要因素有：温度（温度越高，扩散速度越快）；晶体结构与类型（包括致密度、固溶度、各向异性等）；晶体缺陷；化学成分（包括浓度、第三组元等）

5. 请简述回复的机制及其驱动力。

答：低温机制：空位的消失

中温机制：对应位错的滑移（重排、消失）

高温机制：对应多边化（位错的滑移 + 攀移）

驱动力：冷变形过程中的存储能（主要是点阵畸变能）

二、计算、作图题：（共 60 分，每小题 12 分）

1. 在面心立方晶体中，分别画出

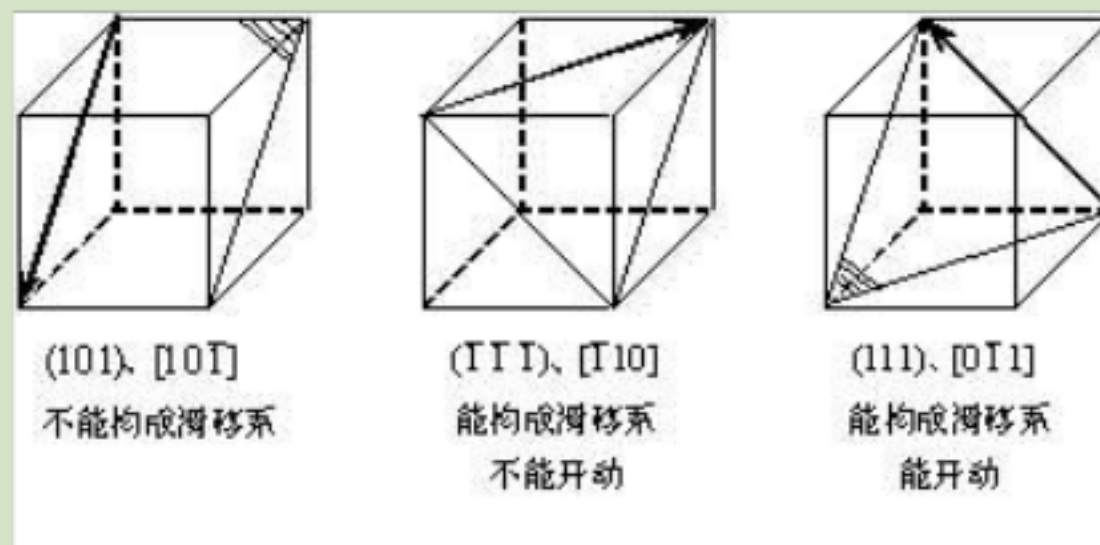
$(101)$ 、 $[10\bar{1}]$

、

$(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[\bar{1}10]$

和、，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？

若外力方向为  $[001]$ ，请问哪些滑移系可以开动？



2. 请判定下列位错反应能否进行，若能够进行，请在晶胞图上做出矢量图。  
( 1 )

$$\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] \rightarrow a[001]$$

几何条件：

$$\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] = \frac{a}{2}[002] = a[001]$$

，满足几何条件

能量条件：

$$b_1^2 + b_2^2 = \left( \frac{a}{2} \sqrt{(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2} \right)^2 + \left( \frac{a}{2} \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} \right)^2 = \frac{3}{2}a^2$$

$$b_3^2 = \left( a \sqrt{0^2 + 0^2 + 1^2} \right)^2 = a^2$$

满足能量条件，反应可以进行。

( 2 )

$$\frac{a}{2}[110] \rightarrow \frac{a}{6}[12\bar{1}] + \frac{a}{6}[211]$$

几何条件：

$$\frac{a}{6}[12\bar{1}] + \frac{a}{6}[211] = \frac{a}{6}[330] = \frac{a}{2}[110]$$

，满足几何条件

能量条件：

$$b_1^2 = \left( \frac{a}{2} \sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{2}}{2} a \right)^2 = \frac{a^2}{2}$$

$$b_2^2 + b_3^2 = \left( \frac{a}{6} \sqrt{1^2 + 2^2 + (-1)^2} \right)^2 + \left( \frac{a}{6} \sqrt{2^2 + 1^2 + 1^2} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{6}}{6} a \right)^2 + \left( \frac{\sqrt{6}}{6} a \right)^2 = \frac{a^2}{3}$$

满足能量条件，反应可以进行。

3. 假设某面心立方晶体可以开动的滑移系为

$$(11\bar{1})[011]$$

，请回答：

- 1) 给出滑移位错的单位位错柏氏矢量；
- 2) 若滑移位错为纯刃位错，请指出其位错线方向；若滑移位错为纯螺位错，其位错线方向又如何？

答：（ 1 ）单位位错的柏氏矢量

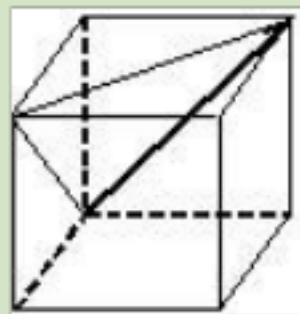
$$b = \frac{a}{2}[011]$$

；

；纯螺（ 2 ）纯刃位错的位错线方向与  $b$  垂直，且位于滑移面上， 为

$$[2\bar{1}1]$$

位错的位错线与  $b$  平行，为  $[011]$ 。

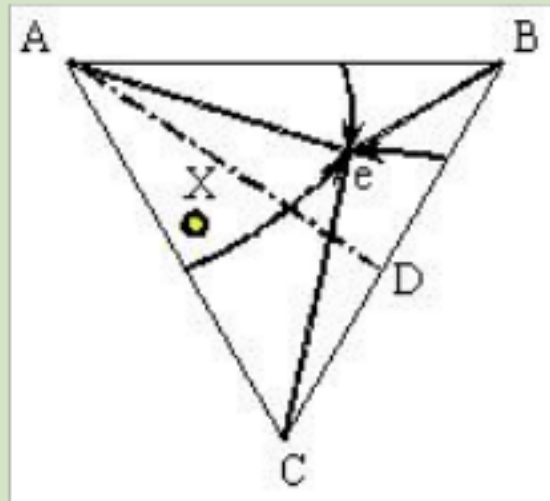


4. 若将一块铁由室温 20 加热至 850 ，然后非常快地冷却到 20 ，请计算处理前后空位数变化（设铁中形成 1mol 空位所需的能量为 104675 J）。 答：

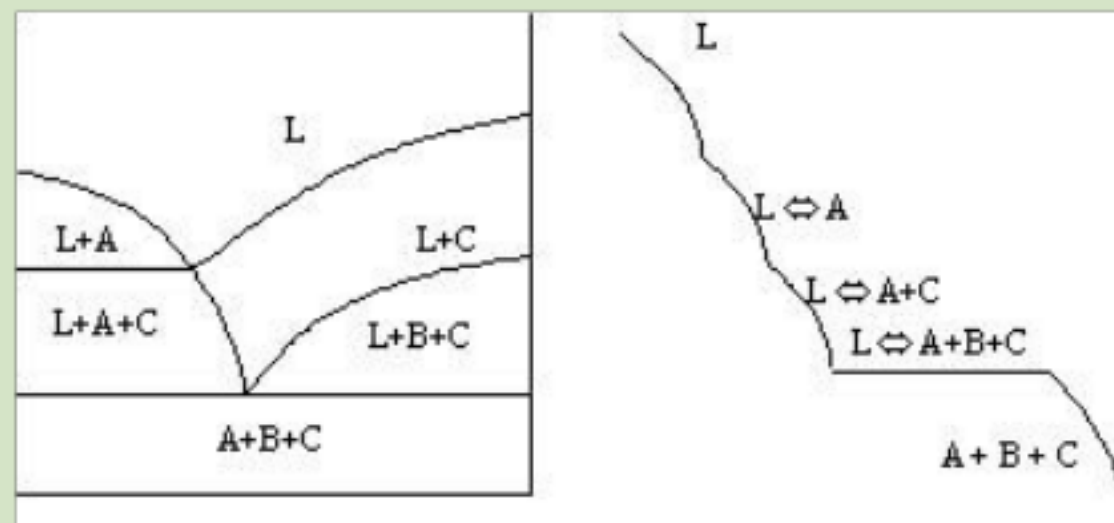
$$\frac{C_{850^\circ\text{C}}}{C_{20^\circ\text{C}}} = \frac{Ae^{-\frac{\Delta F}{k(850+273)}}}{Ae^{-\frac{\Delta F}{k(20+273)}}} = e^{-\frac{104675}{1123 \times 8.314} + \frac{104675}{293 \times 8.314}} = 6.23 \times 10^{13}$$

5. 已知三元简单共晶的投影图，见附图，

- 1) 请画出 AD 代表的垂直截面图及各区的相组成（已知  $T_A > T_D$ ）；
- 2) 请画出 X 合金平衡冷却时的冷区曲线，及各阶段相变反应。



答：



三、综合分析题：（共 50 分，每小题 25 分）

1. 请对比分析加工硬化、细晶强化、弥散强化、复相强化和固溶强化的特点和机理。

答：加工硬化：是随变形使位错增殖而导致的硬化；

细晶强化：是由于晶粒减小，晶粒数量增多，尺寸减小，增大了位错连续滑移的阻力导致的强化；同时由于滑移分散，也使塑性增大。该强化机制是唯一的同时增大强度和塑性的机制。弥散强化：又称时效强化。是由于细小弥散的第二相阻碍位错运动产生的强化。包括切过机制和绕过机制。

复相强化：由于第二相的相对含量与基体处于同数量级是产生的强化机制。其强化程度取决于第二相的数量、尺寸、分布、形态等，且如果第二相强度低于基体则不一定能够起到强化作用。

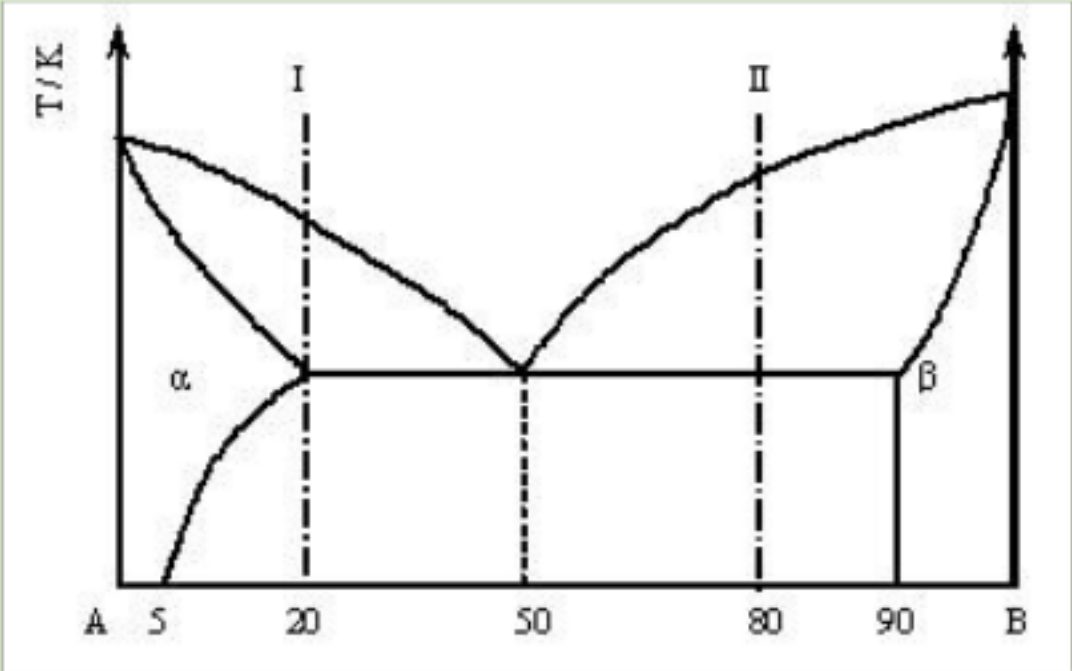
固溶强化：由于溶质原子对位错运动产生阻碍。包括弹性交互作用（柯氏气团）、电交互作用（铃木气团）和化学交互作用。

2. 请根据所附二元共晶相图分析解答下列问题：

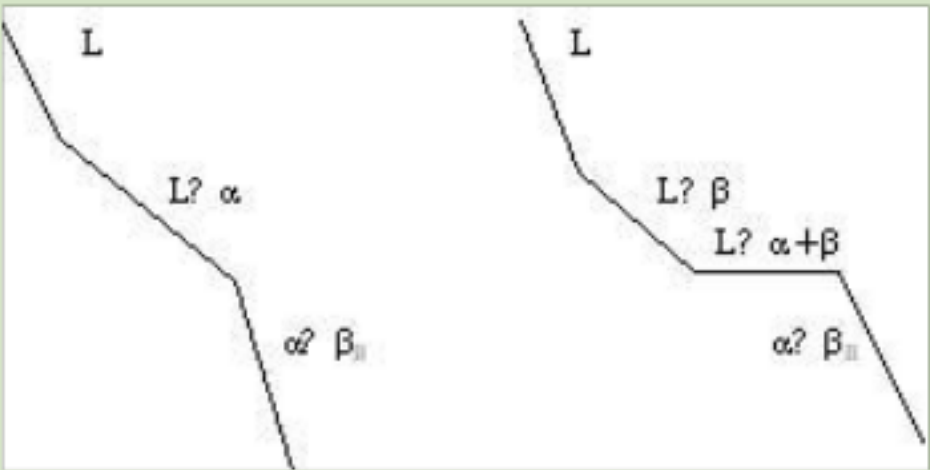
1) 分析合金 I、II 的平衡结晶过程，并绘出冷却曲线；



- 2) 说明室温下 I、II 的相和组织是什么？并计算出相和组织的相对含量；
- 3) 如果希望得到室温组织为共晶组织和 5% 的 初 的合金，求该合金的成分；
- 4) 分析在快速冷却条件下， I、II 两合金获得的组织有何不同。



答：（ 1 ）



（ 2 ） I ： 初 + II

$$W_{\alpha} = W_{\alpha\beta} = \frac{0.90 - 0.20}{0.90 - 0.05} \times 100\% = 82.35\%$$

$$W_{\beta} = W_{\beta\beta} = \frac{0.20 - 0.05}{0.90 - 0.05} \times 100\% = 17.65\%$$

，相组成与组织组成比例相同

II ： 初 + （ + ）共 + II（忽略）

$$W_{\beta} = \frac{0.90 - 0.80}{0.90 - 0.50} \times 100\% = 25\%$$

$$W_{(\alpha+\beta)} = W_L = \frac{0.80 - 0.50}{0.90 - 0.50} \times 100\% = 75\%$$

$$W_{\alpha} = \frac{0.90 - 0.80}{0.90 - 0.05} \times 100\% = 11.76\%$$

$$W_{\beta} = \frac{0.80 - 0.05}{0.90 - 0.05} \times 100\% = 88.24\%$$

( 3 ) 设所求合金成分为  $x$

$$W_{\beta} = \frac{x - 0.50}{0.90 - 0.50} \times 100\% = 5\%$$

$$x = 0.05 \times (0.90 - 0.50) + 0.50 = 52\%$$

( 4 ) I 合金在快冷条件下可能得到少量的共晶组织，且呈现离异共晶的形态，合金中的 II 量会减少，甚至不出现；

II 合金在快冷条件下 初呈树枝状，且数量减少。共晶体组织变细小，相对量增加。

2006 年西北工业大学硕士研究生入学试

题 参考答案

一、简答题（每题 10 分，共 50 分）

1. 试从结合键的角度，分析工程材料的分类及其特点。

答：金属材料：主要以金属键为主，大多数金属强度和硬度较高，塑性较好。 陶

瓷材料：以共价键和离子键为主，硬、脆，不易变形，熔点高。

高分子材料：分子内部以共价键为主，分子间为分子键和氢键为主。

复合材料：是以上三中基本材料的人工复合物，结合键种类繁多。性能差异很大。

2. 位错密度有哪几种表征方式？

答：有两种方式：体密度，即单位体积内的位错线长度；面密度，即垂直穿过单位面积的位错线根数。

3. 陶瓷晶体相可分为哪两大类？有何共同特点？

答：氧化物陶瓷和硅酸盐陶瓷。特点： 1. 结合键主要是离子键，含有一定比例的共价键； 2. 有确定的成分，可以用准确的分子式表达； 3. 具有典型的非金属性质。

4. 冷轧纯铜板，如果要求保持较高强度，应进行何种热处理？若需要继续冷轧变薄时，又应进行何种热处理？

答：保持较高强度则应进行低温退火，使其只发生回复，去除残余应力；要继续冷变形则应进行高温退火，使其发生再结晶，以软化组织。

5. 扩散激活能的物理意义为何？试比较置换扩散和间隙扩散的激活能的大小。

答：扩散激活能的物理意义是原子跃迁过程中必须克服周围原子对其的阻碍，即必须克服势垒。相比而言，间隙扩散的激活能较小。

二、作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 已知碳在  $\gamma$ -Fe 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由 927 上升到 1027 时，扩散系数变化了多少倍？（ $R = 8.314 \text{ J/(mol.K)}$ ）

答：

$$\begin{aligned} D_{927^\circ\text{C}} &= D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right) \\ D_{1027^\circ\text{C}} &= D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)}\right) \\ \frac{D_{1027^\circ\text{C}}}{D_{927^\circ\text{C}}} &= \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)} - \frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right) = \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{10808.2} - \frac{-1.4 \times 10^5}{9976.8}\right) \\ &= \exp(-12.953 + 14.033) = \exp(1.08) = 2.94 \end{aligned}$$

2. 已知某低碳钢  $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$ ， $K = 393.7$ ，若晶粒直径为  $50 \mu\text{m}$ ，该低碳钢的屈服强度是多少？

答：由霍尔 - 配奇公式得：

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}} = 64 + 393.7 \times 50^{-\frac{1}{2}} = 64 + 55.68 = 119.7 \text{ KPa}$$

3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

答：BCC 密排面为  $\{110\}$  面，其面积为：

$$A = a \times \sqrt{2}a = \sqrt{2}a^2$$

$\{110\}$  面上被原子占据的面积为（两个原子）：

$$A' = 2 \times \pi R^2 = 2\pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a\right)^2 = \frac{3}{8}\pi a^2$$

堆积密度：

$$d = \frac{A'}{A} = \frac{3}{16} \pi = 0.5888$$

$$[01\bar{1}]$$

4. 和

$$[11\bar{2}]$$

均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上，因此理论上

$$(111)[01\bar{1}]$$

和

$$(111)[11\bar{2}]$$

的滑移均是可能的。

( 1 ) 画出 (111) 晶面及单位滑移矢量

$$[01\bar{1}]$$

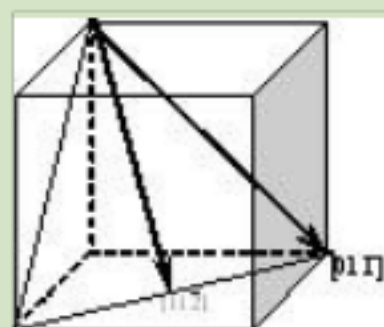
和

$$[11\bar{2}]$$

。

( 2 ) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。

答：( 1 )



( 2 )

$$b_{[01\bar{1}]} = \frac{a}{2}[01\bar{1}], b_{[11\bar{2}]} = \frac{a}{2}[11\bar{2}]$$

两位错位于同一滑移面，因此  $G$  相同，故：

$$\frac{W_{01\bar{1}}}{W_{11\bar{2}}} = \frac{|b_{01\bar{1}}|^2}{|b_{11\bar{2}}|^2} = \left( \frac{1/\sqrt{2}}{\sqrt{6}/2} \right)^2 = \frac{1}{3}$$

三、综合分析题（每题 20 分，共 40 分）

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。

答：晶界结构特征：原子排列比较混乱，含有大量缺陷。

晶界能量特征：原子的能量较晶粒内部高，活动能量强。

晶界特征：

?晶界——畸变——晶界能——向低能量状态转化——晶粒长大、晶界变直——晶界面积减小

?阻碍位错运动—— $b$ ——细晶强化

?位错、空位等缺陷多——晶界扩散速度高

?晶界能量高、结构复杂——容易满足固态相变的条件——固态相变首先发生地？  
化学稳定性差——晶界容易受腐蚀

?微量元素、杂质富集

2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

答：

?组织结构：（1）形成纤维组织：晶粒沿变形方向被拉长；（2）形成位错胞；（3）晶粒转动形成变形织构。

?力学性能：位错密度增大，位错相互缠绕，运动阻力增大，造成加工硬化。？

物理化学性能：其变化复杂，主要对导电，导热，化学活性，化学电位等有影响。

?体系能量：包括两部分：（1）因冷变形产生大量缺陷引起点阵畸变，使畸变能增大；（2）因晶粒间变形不均匀和工件各部分变形不均匀引起的微观内应力和宏观内应力。这两部分统称为存储能，其中前者为主要的。

冷变形后引起的组织性能变化为合金随后的回复、再结晶作了组织和能量上的准备。

## 综合模拟题一

一、简答题（每题 6 分，共 30 分）



1. 原子的结合键有哪几种？各有什么特点？

2. 面心立方晶体和体心立方晶体的晶胞原子数、配位数和致密度各是多少？



3. 立方晶系中，若位错线方向为  $[001]$ ， $b = a[110]$ ，试说明该位错属于什么类型。

4. 请说明间隙化合物与间隙固溶体的异同。

$Q = D_0 \exp \left( -\frac{E_a}{kT} \right)$  说明影响扩散的因素。 5. 试从扩散系数公式

6. 何为过冷度？它对形核率有什么影响？

二、作图计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 在面心立方晶体中，分别画出  $(101)$ 、 $[110]$ 和 $(111)$ 、 $[101]$ ，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？

2. 已知 Al 为面心立方晶体，原子半径为  $r_A$ 。若在 Al 晶体的八面体间隙中能溶入最大的小原子半径为  $r_B$ ，请计算  $r_B$  与  $r_A$  的比值是多少。

$L = (w_B - 0.15) / (w_B - 0.95)^3$  . A-B 二元合金中具有共晶反应如下：  
 $(w_B = 0.75)$ 若共晶反应

刚结束时， $L$  和  $S$  相的相对含量各占 50%，试求该合金的成分。

4. 已知铜的临界分切应力为 1Mpa，问要使  $(111)$ 面上产生  $[101]$ 方向的滑移，应在 $[001]$ 方向上施加多大的力？

三、综合分析题（每题 15 分，共 30 分）

1. 按下列条件绘出 A-B 二元相图：

(1) A 组元（熔点 600）与 B 组元（熔点 500）在液态时无限互溶；

(2) 固态时，A 在 B 中的最大固溶度为  $w_A=0.30$ ，室温时为  $w_A=0.10$ ；而 B 在固态下不溶于 A；

(3) 300 时发生共晶反应  $t_E L(w_B = 0.40) \rightarrow A + S(w_B = 0.70)$ 。在 A-B 二元相图中，分析

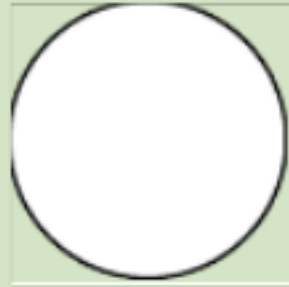
$w_B=0.6$  的合金平衡凝固后，在室温下的相组成物及组织组成物，并计算各相组成物的相对含量。

2. 请绘出下列 Fe-C 合金极缓慢冷却到室温后的金相组织示意图，并标注各组织。（腐蚀剂均为 3%硝酸酒精）

工业纯铁



20 钢



45 钢



T8 钢



T12 钢



亚共晶白口铸铁

## 综合模拟题二

一、简答题（每题 6 分，共 30 分）

1. 工程材料分为哪几类？它们的结合键如何？
2. 根据凝固理论，请分析细化铸锭晶粒的途径及原理
3. 固溶体非平衡凝固时，形成微观偏析和宏观偏析的原因有何区别？
4. 请为置换固溶体、间隙固溶体、间隙化合物、正常价化合物、电子化合物和间隙化合物各举一具体例子。
5. 为什么细晶强化可以同时提高合金强度、硬度、塑性和韧性？

二、作图计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 钛的晶胞（密排六方）体积在 20 °C 时为  $0.106\text{nm}^3$ ，其  $c/a = 1.59$ ，求：

（1） $c$ 、 $a$  的值；

（2）钛原子半径。

2. 已知铝为体心立方结构，请回答：

（1）画出其晶胞示意图；

（2）在图中画出一个可能的滑移系，并标明滑移面和滑移方向的指数。

3. 一

碳钢在平衡冷却条件下，室温组织为珠光体 + 二次渗碳体，其中珠光体含量为 90%。请确定该碳钢的含碳量，并画出组织示意图。

[011]，请回答： 4. 假设某面心立方晶体可以开动的滑移系为 (111)、

（1）给出滑移位错的单位位错柏氏矢量；

（2）若滑移位错为纯刃位错，请指出其位错线方向；若滑移位错为纯螺位错，其位错线方向又如何？

三、综合分析题（每题 15 分，共 30 分）

1. 根据下列已知条件绘出 A-B 二元共晶相图：

i.  $t_A > t_B$  ( $t_A$ 、 $t_B$  为 A、B 的熔点)；



$t_E$  (wB 0.10) (wB 0.95) ii. 共晶反应为 (wB 0.60)；

iii. B 在 A 中的固溶度随温度的下降而减小，室温时为  $w_B = 0.03$ ；A 在 B 中的固溶度不随温度变化，

并请回答：

（1）分析  $w_B = 0.85$  的合金平衡结晶过程；

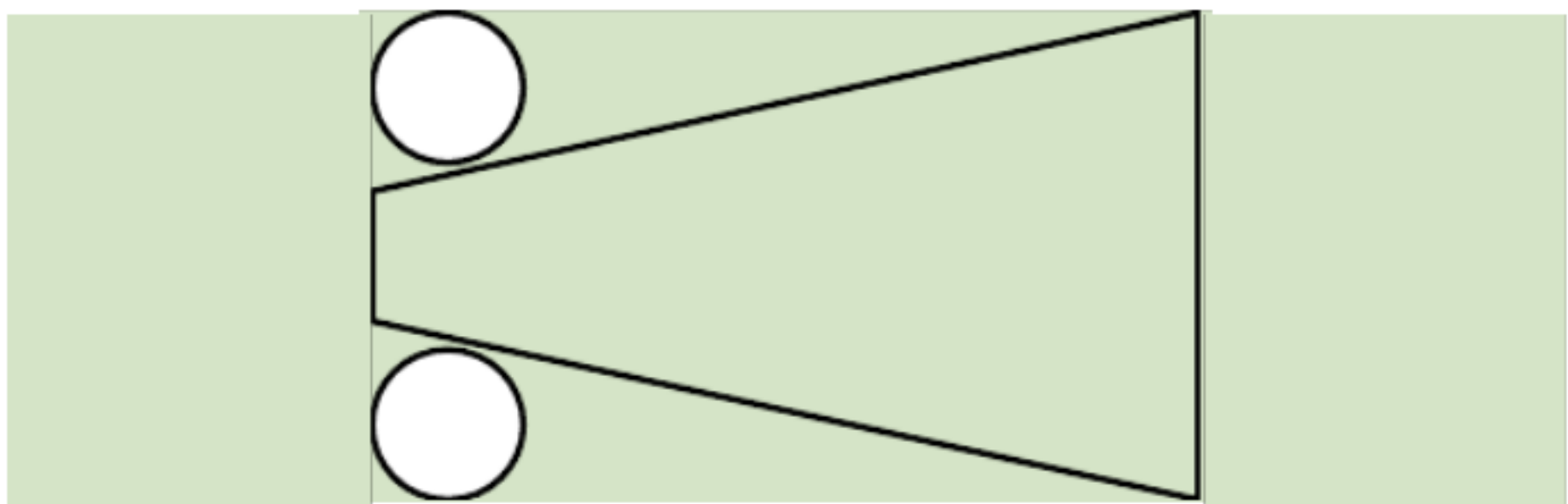
（2）计算该合金室温下的相组成物及组织组成物。（忽略二次相）

8. 一楔型纯铜铸锭，经间距恒定的轧辊轧制（如图）；

（1）请画出轧制后，锭子的晶粒示意图。

（2）画出将该锭子进行再结晶退火后，晶粒示意图。并分析原因。

综合模拟题三



### 一、简答题（每题 5 分，共 30 分）

1. 何为空间点阵？它与晶体结构有何异、同？
2. 请简述晶界有哪些特征？
3. 何为固溶强化？置换固溶体与间隙固溶体相比，哪个的固溶强化效果强？请简述影响固溶度的因素。
4. 请简述二元合金结晶的基本条件有哪些。
5. 什么是反应扩散？请简述其特点。
6. 简述在什么情况下会发生单滑移、多滑移和交滑移，它们的滑移线形貌特征是什么。

### 二、作图计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 请计算简单立方和体心立方晶体的（100）、（110）和（111）晶面的面间距（假设两种点阵的点阵常数都是  $a$ ）。
2. 在面心立方晶体中，分别画出（101）、[10]、()、[10]和、(111)、[01]，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？若外力方向为  $\langle 001 \rangle$ ，请问哪些滑移系可以开动？
3. 请判定下列反应能否进行，若能够进行，则在简单立方晶胞内绘出参加反应位错的柏氏矢量。

1)  $a\mathbf{a}[\mathbf{110}] + \mathbf{[12]} = \mathbf{[211]}$  266

$a\mathbf{a}[\mathbf{112}] + \mathbf{[11]} = \mathbf{[111]}$  362 2)

4. 已知三元简单共晶的投影图，见附图，

- 1) 请画出 AD 代表的垂直截面图及各区的相组成；
- 2) 请画出 X 合金平衡冷却时的冷区曲线，及各阶段相变反应。

AB

C

### 三、综合分析题（每题 15 分，共 30 分）

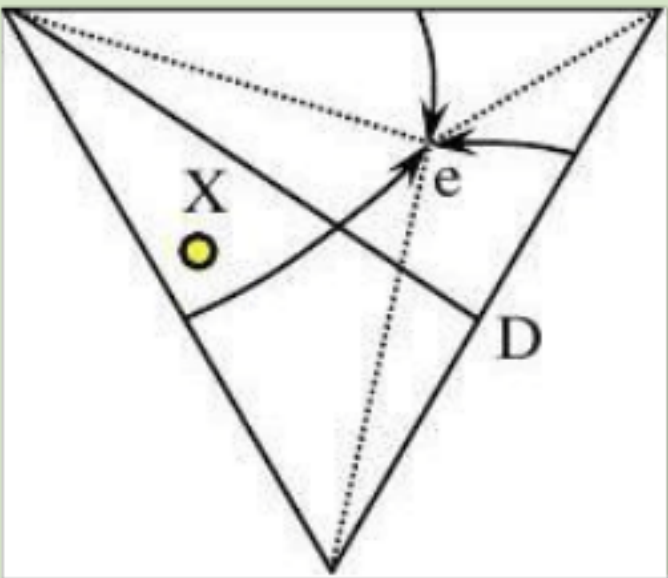
1. 已知 Mg-Ni 合金系中一个共晶反应：

$L_{23.5\%Ni} = \text{纯 Mg} + Mg_2Ni_{54.6\%Ni}$

设有 C1 和 C2 两种合金，C1 为亚共晶，C2 为过共晶。这两种合金的初生相质量

分数相等，但室温时 C1 中  (即 Mg) 的总量是 C2 中  总量的 2.5 倍，请确定 C1 和 C2 的成分。

2. 某工厂对一大型零件进行淬火处理，经过 1100 加热后，用冷拉钢丝绳吊挂，由起重吊车送往淬火水槽，行至途中钢丝突然发生断裂。该钢丝是新的，且没有瑕疵，是分析该钢丝绳断裂的原因。



综合模拟题一

参考答案

一、简答题（每题 6 分，共 30 分）

1．原子的结合键有哪几种？各有什么特点？

离子键：正负离子相互吸引；键合很强，无方向性；熔点、硬度高，固态不导电，导热性差。

共价键：相邻原子通过共用电子对结合；键合强，有方向性；熔点、硬度高，不导电，导热性有好有差。

金属键：金属正离子于自由电子相互吸引；键合较强，无方向性；熔点、硬度有高有低，导热导电性好。

分子键：分子或分子团显弱电性，相互吸引；键合很弱，无方向性；熔点、硬度低，不导电，导热性差。

氢键：类似分子键，但氢原子起关键作用  $XH-Y$ ；键合弱，有方向性；熔点、硬度低，不导电，导热性好。

2

	晶胞原子数	配位数	致密度
面心立方	4	12	74%
体心立方	2	8	68%

b3．立方晶系中，若位错线方向为  $[001]$ ，  $a[110]$ ，试说明该位错属于什么类



型。

因位错线方向垂直于柏氏矢量，所以是刃位错。

4. 请说明间隙化合物与间隙固溶体的异同。

相同点：小原子溶入

不同点：若小原子溶入后，大小原子数量成比例，在选取点阵时，大小原子点阵可以合并，这实际上改变了大原子的点阵结构，因此认为形成新相，称为间隙相（间隙化合物）。

若小原子溶入后，分布随机，大小原子点阵不能合并，仍然保留大原子点阵，称为间隙固溶体。

$D = D_0 \exp \left( -\frac{Q}{kT} \right)$  说明影响扩散的因素。 5. 试从扩散系数公式从公式表达形式可以看出扩散系数与扩散激活能  $Q$  和温度  $T$  有关。扩散激活能越低扩散系数越大，因此激活能低的扩散方式的扩散系数较大，如晶界和位错处的扩散系数较大。温度越高，原子活性越大，扩散系数越大。

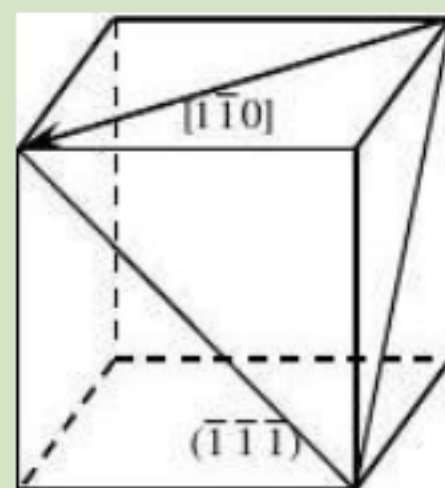
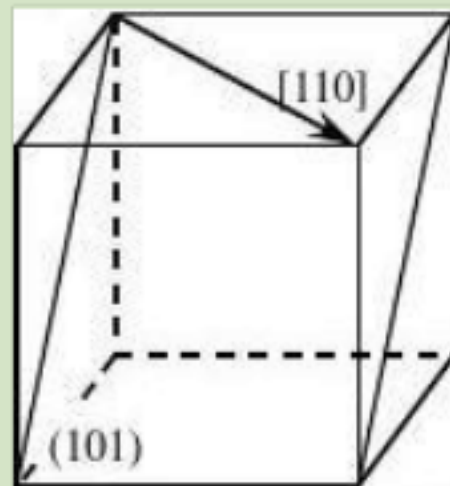
6. 何为过冷度？它对形核率有什么影响？

过冷度：实际结晶温度与理论结晶温度的差值。

随过冷度增大，形核率先增后减。

二、作图计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 在面心立方晶体中，分别画出  $(101)$ 、 $[110]$  和  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[10]$ ，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？



对面心立方晶体，(101)非密排面，因此它不是滑移面；[110]是密排方向，因此是滑移方向。但这二者不能构成滑移系。

()和[10]是密排面和密排方向，因此可以构成滑移系。

2. 已知 Al 为面心立方晶体，原子半径为  $r_A$ 。若在 Al 晶体的八面体间隙中能溶入最大的小原子半径为  $r_B$ ，请计算  $r_B$  与  $r_A$  的比值是多少。

$$r_B = 0.414r_A$$

3. A-B 二元合金中具有共晶反应如下：

$L(w_B = 0.75) \rightarrow A + B$  若共晶反

应刚结束时，A 和 B 相的相对含量各占 50%，试求该合金的成分。

设合金成分为  $c\%$ ，由题知： $t_E$

$$\frac{c - 0.95}{0.95 - 0.15} = \frac{100\% - 50\%}{0.95 - 0.15}$$

得： $c\% = 0.55\%$

4. 已知铜的临界切分应力为 1Mpa，问要使 (11)面上产生 [101]方向的滑移，应在 [001]方向上施加多大的力？

对立方晶系，两晶向  $[h_1k_1l_1]$  和  $[h_2k_2l_2]$  夹角公式为：

$$\cos \theta = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + l_1l_2}{\sqrt{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} \sqrt{h_2^2 + k_2^2 + l_2^2}}$$

$$\frac{1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 1}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} \sqrt{0^2 + 0^2 + 1^2}}$$

故滑移面的法线 [11]与拉力轴方向 [001]的夹角为：

$$\cos \theta = \frac{1 \cdot 0 + 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1}{\sqrt{1^2 + 0^2 + 1^2} \sqrt{0^2 + 1^2 + 1^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2} \sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

$$\cos \theta = \frac{1}{2}$$

同理，滑移方向 [101]与拉力轴方向 [001]的夹角为：

由分切应力公式得：

$$\tau = \sigma \cos \theta \cos \phi$$

三、综合分析题（每题 15 分，共 30 分）

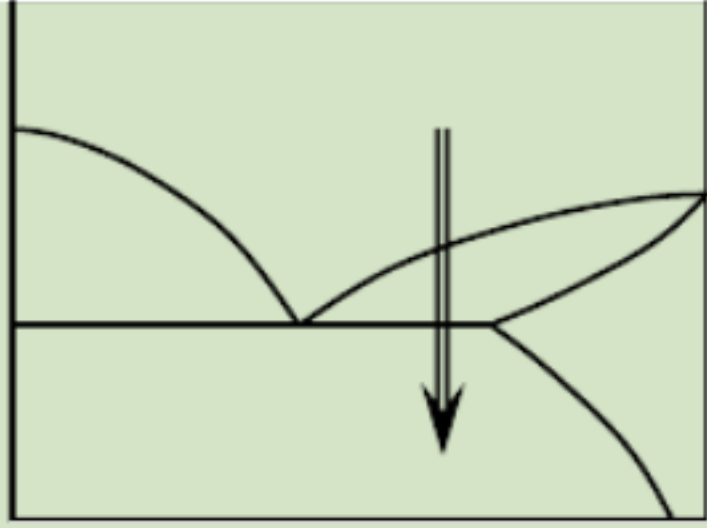
1. 按下列条件绘出 A-B 二元相图：

1) A 组元（熔点 600）与 B 组元（熔点 500）在液态时无限互溶； 2) 固态时，A 在 B 中的最大固溶度为  $w_A=0.30$ ，室温时为  $w_A=0.10$ ；而 B 在固态下不溶于 A；

3) 300 时发生共晶反应  $L(w_B = 0.40) \rightarrow A + B(w_B = 0.70)$ 。

在 A-B 二元相图中，分析  $w_B=0.6$  的合金平衡凝固后，在室温下的相组成物及组织组成物，并计算各相组成物的相对含量。

A



B

相组成：A +

组织组成：A + + 

AlI 90	60	100%	33.3%	90	0
--------	----	------	-------	----	---

%	1	33.3%	66.7%	A%
---	---	-------	-------	----

2. 请绘出下列 Fe-C合金极缓慢冷却到室温后的金相组织示意图，并标注各组织。（腐蚀剂均为 3%硝酸酒精）

工业纯铁： F

20 钢： F+P

45 钢： F+P

T8 钢： P

T12 钢： P+Fe<sub>3</sub>C网状

亚共晶白口铸铁： P+Ld'