

西北工业大学 2010 年硕士研究生入学考试试题

材料科学参考答案

一、 简答题（每题 10 分，共 50 分）

1. 请解释 γ -Fe 与 α -Fe 溶解碳原子能力差异的原因。

答： α -Fe 为体心立方晶体，其八面体间隙为扁八面体，相比而言四面体间隙较大； γ -Fe 为面心立方，其八面体间隙大。体心立方的四面体间隙比面心立方的八面体间隙小很多，因此溶解小原子的能力小很多。

2. 请简述位向差与晶界能的关系，并解释原因？

答：位向差越大晶界能越高；随位向差增大，晶界能先快速增大，后逐渐趋于稳定。
原因：位向差越大，缺陷越多（小角晶界位错密度越大），畸变越严重，因此能量越高。

3. 请简述在固态条件下，晶体缺陷、固溶体类型对溶质原子扩散的影响。

答：晶体缺陷处的原子具有较高能量，且原子排列比较杂乱，有利于扩散。间隙原子扩散激活能比置换原子扩散激活能低，因此间隙原子扩散速度高。

4. 请分析解释在正温度梯度下凝固，为什么纯金属以平面状方式生长，而固溶体合金却往往以树枝晶方式长大？

答：正温度梯度下，纯金属的液固界面是等温的，小突起处的过冷度小，生长受到抑制，因此液固界面保持平直，以平面状生长。固溶体合金由于溶质原子再分配，产生成分过冷，液固界面处的小突起将获得更大过冷度，因此以树枝状生长。

5. 铁碳合金中可能出现的渗碳体有哪几种？它们的成分有何不同？平衡结晶后是什么样的形态？

答：一次渗碳体（规则的、粗大条状）、共晶渗碳体（莱氏体的连续基体）、二次渗碳体（沿奥氏体晶界分布，量多时为连续网状，量少时是不连续网状）、共析渗碳体（层片状）、三次渗碳体（铁素体晶界处）。它们成分没有区别。

二、 作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 写出附图的简单立方晶体中 ED、C'F 的晶向指数和 ACH、FGD' 的晶面指数，并求 ACH 晶面的晶面间距，以及 FGD' 与 ABCD 两晶面之间的夹角。（注：G、H 点为二等分点，F 点为三等分点）

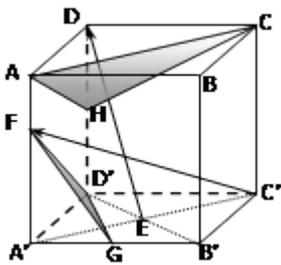
答：ED: $[\bar{1}\bar{1}2]$, C'F: $[3\bar{3}2]$

ACH: $(11\bar{2})$, FGD': $(\bar{2}43)$

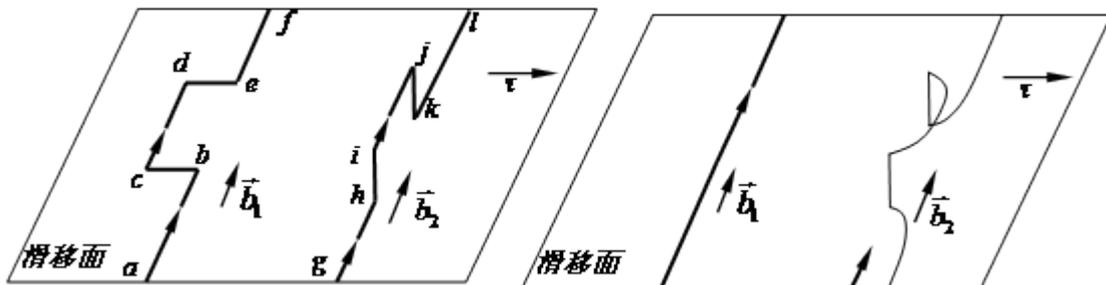
$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

ACH 的晶面间距：

FGD' 与 ABCD 之间的夹角：



2. 请判断图示中 \vec{b}_1 和 \vec{b}_2 两位错各段的类型，以及两位错所含拐折 (bc、de 和 hi、jk) 的性质？若图示滑移面为 fcc 晶体的 (111) 面，在切应力 $\vec{\tau}$ 的作用下，两位错将如何运动？（绘图表示）



答：ab: 螺位错；bc: 刃位错；cd: 螺位错；de: 刃位错；ef: 螺位错
gh: 螺位错；hi: 刃位错；ij: 螺位错；jk: 刃位错；kl: 螺位错

bc、de 为扭折，hi、jk 为割阶

运动后 $\overline{b_1}$ 恢复为直线， $\overline{b_2}$ 上的 h、i、j、k 为固定点，形成位错源

3. 某合金的再结晶激活能为 250KJ/mol，该合金在 400°C 完成再结晶需要 1 小时，请问在 390°C 下完成再结晶需要多长时间。（气体常数 $R=8.314\text{L/mol}\cdot\text{K}$ ）

答: $\frac{t_1}{t_2} = e^{\left[-\frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right]} = e^{\left[-\frac{2.5 \times 10^5}{8.314}\left(\frac{1}{400+273} - \frac{1}{390+273}\right)\right]} = 0.509$

所以 $t_2 = 1.96$ 小时

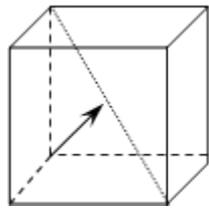
4. 请分别绘出 fcc 和 bcc 晶体中的最短单位位错，并比较二者哪一个引起的畸变较大。

答: BCC 晶体中为: $\mathbf{b}_1 = \frac{a}{2}[111]$ (1 分)，FCC 晶体中为: $\mathbf{b}_2 = \frac{a}{2}[110]$

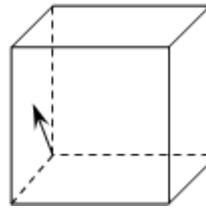
$$|\mathbf{b}_1| = \frac{a}{2}\sqrt{1+1+1} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$|\mathbf{b}_2| = \frac{a}{2}\sqrt{1+1+0} = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

故: FCC 中的 \mathbf{b}_2 引起的畸变较小。



bcc: $\mathbf{b}_1 = \frac{a}{2}[111]$



fcc: $\mathbf{b}_2 = \frac{a}{2}[110]$

三、 综合分析题（共 40 分）

- 1、 请分析对工业纯铝、Fe-0.2%C 合金、Al-5%Cu 合金可以采用的强化机制，并解释机理。（15 分）

答: 工业纯铝: 细晶强化——利用晶界和位向差对位错运动的阻碍作用进行强化;
加工硬化——利用冷变形后缠结位错之间的相互作用进行强化。

Fe-0.2%C: 固溶强化——利用碳原子引起铁的晶格畸变对位错运动的阻碍作用进行强化。

加工硬化——同上

细晶强化——同上

沉淀强化——利用碳化物对位错运动的阻碍作用进行强化。

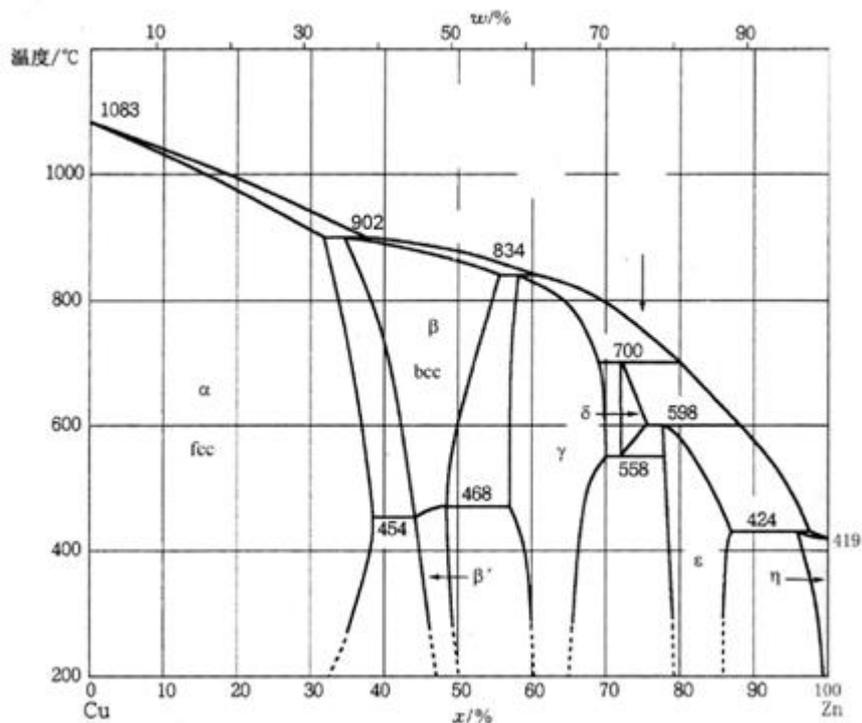
Al-5%Cu: 沉淀强化（时效强化）——利用沉淀相对位错运动的阻碍作用进行强化。

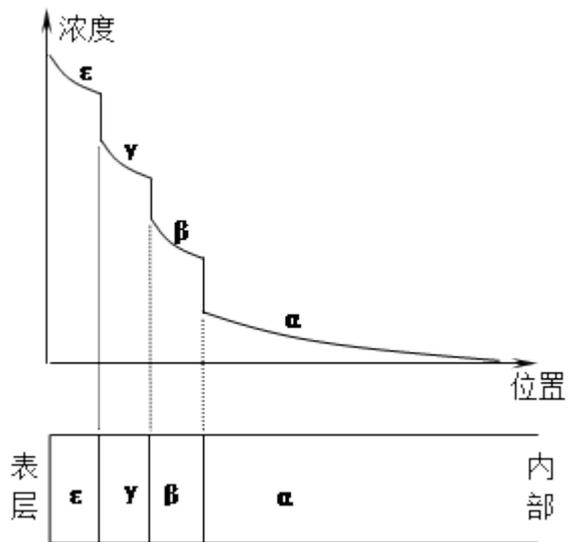
加工硬化——同上

细晶强化——同上

2、 请根据 Cu-Zn 相图回答下列问题: (25 分)

- 1) 若在 500°C 下, 将一纯铜试样长期置于锌液中, 请绘出扩散后从铜棒表面至内部沿深度方向的相分布和对应的浓度分布曲线。
- 2) 请分析 902°C、834°C、700°C、598°C、558°C 的相变反应类型, 并写出反应式。
- 3) 请绘出 Cu-75%Zn 合金的平衡结晶的冷却曲线, 并标明各阶段的相变反应或相组成。
- 4) 请计算 Cu-75%Zn 合金平衡结晶至 200°C 时的相组成含量。





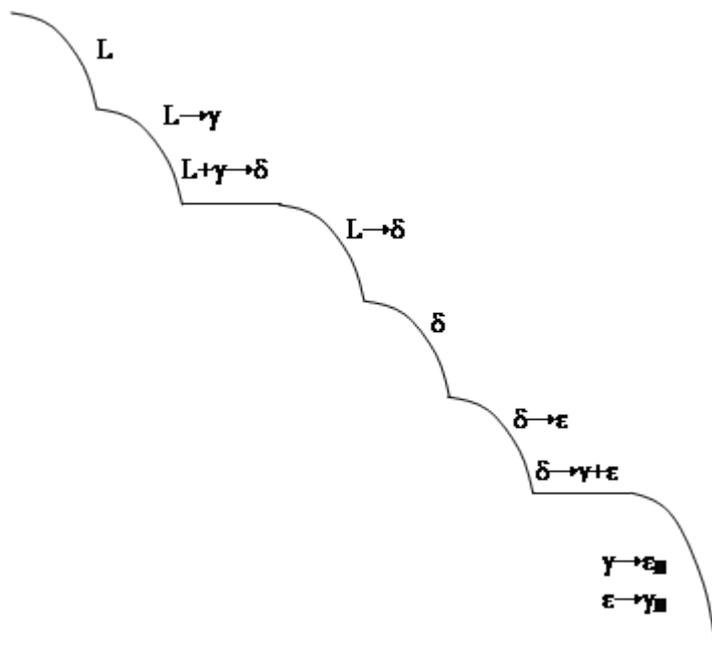
902°C: 包晶—— $L+\alpha\rightarrow\beta$

834°C: 包晶—— $L+\beta\rightarrow\gamma$

700°C: 包晶—— $L+\gamma\rightarrow\delta$

598°C: 包晶—— $L+\delta\rightarrow\varepsilon$

558°C: 共析—— $\delta\rightarrow\gamma+\varepsilon$



$$\varepsilon\% = \frac{75 - 65}{79 - 65} \times 100\% = 71.4\%$$

$$\gamma\% = \frac{79 - 75}{79 - 65} \times 100\% = 28.6\%$$