

西北工业大学 2010 考研真题

一、简答题

1、请解释 γ -Fe 不 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；而 γ -Fe 为面心立方晶体，其八面体间隙为正八面体间隙。实验证明碳原子无论溶入 α -Fe 还是 γ -Fe 所处间隙均为八面体间隙。经计算得到，碳原子半径是 γ -Fe 间隙半径的 1.45 倍，是 α -Fe 间隙半径的 4 倍。由此可得，虽然 α -Fe 总间隙数量较 γ -Fe 多，但每个间隙尺寸小，碳原子进入该间隙比较困难，因而碳在 γ -Fe 中溶解度比 α -Fe 中溶解度大。

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：①固溶体类型：间隙固溶体扩散激活能小于置换固溶体激活能，故间隙固溶体扩散系数大于置换固溶体。

②晶体缺陷

（1）点缺陷：空位浓度高，扩散系数大；

（2）位错：一方面可以将位错看作是加速的管道，使激活能降低，扩散系数增大-----管道机制

另一方面，溶质原子溶入位错中心或者空位会减小局部畸变，降低体系自由能，当溶质原子脱离这些缺陷，所需激活能增大，扩散系数减小-----陷阱机制

(3) 面缺陷：无论表面扩散还是界面扩散，均能使激活能大大减小，扩散系数增大；

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 L/S 界面前溶质原子再分配，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。

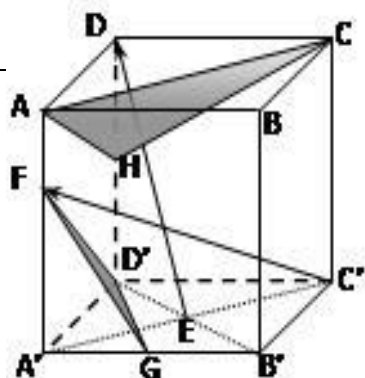
5、铁碳合金中可能出现的渗碳体有哪几种？它们的成分有何不同？平衡结晶后是什么样的形态？

答：一次渗碳体（规则的、粗大片状）、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（薄片状）。它们成分没有区别。

二、作图计算题

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:



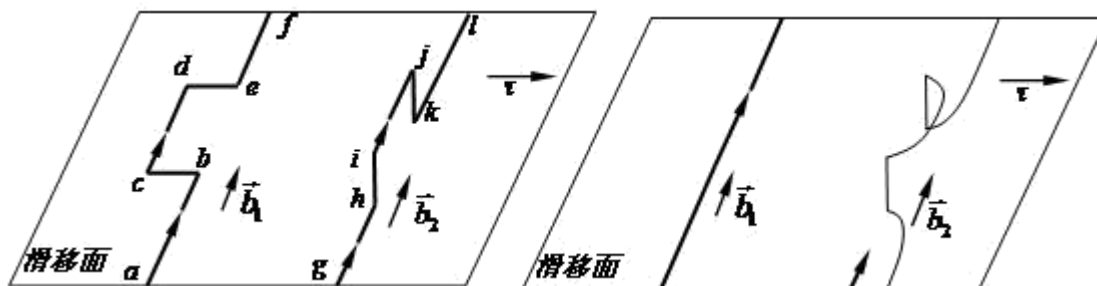
$$ED: [\bar{1} \bar{1} 2], C' F: [3 \bar{3} 2]$$

$$ACH: (11 \bar{2}), FGd: (\bar{2} 3 4)$$

$$ACH \text{ 的晶面间距: } d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

$$FGD' \text{ 与 } ABCD \text{ 之间的夹角: } \cos = \frac{3}{\sqrt{0^2 + 0^2 + 1^2} \times \sqrt{(-2)^2 + 3^2 + 4^2}} = \frac{3}{\sqrt{29}}$$

2、请判断图示中 b_1 和 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，在切应力的作用下，两位错将如何运动？（绘图表示）



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

bc、de 为扭折，hi、jk 为割阶

运动后 b_1 恢复为直线， 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℃完成再结晶需要 1 小时，请问在 390℃下完成再结晶需要多长时间。（气体常数 $R=8.314\text{L/mol}\cdot\text{K}$ ）

$$\text{答: } \frac{t_1}{t_2} = \exp\left[-\frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right] = \exp\left[-\frac{2.5 \times 10^5}{8.314}\left(\frac{1}{663} - \frac{1}{673}\right)\right] = \frac{1}{t_2}$$

所以 $t_2 = 1.96$ 小时

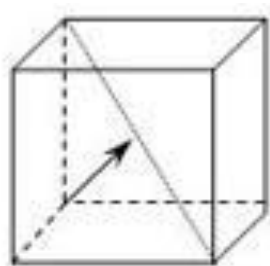
4、请分别绘出 fcc 和 bcc 晶体中的最短单位位错，开比较二者哪一个引起的畸变较大。

答：BCC 晶体中为： $b_1 = \frac{a}{2}[111]$ ，FCC 晶体中为： $b_2 = \frac{a}{2}[110]$

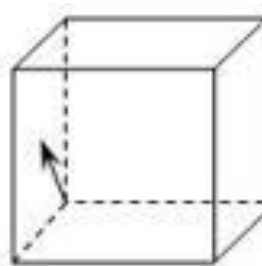
$$|b_1| = \frac{a}{2}\sqrt{1+1+1} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$|b_2| = \frac{a}{2}\sqrt{1+1+0} = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

由 $W = \alpha Gb^2$ ， b 越小，能量越低，引起点阵缺陷越小，故：FCC 中的 b_2 引起的畸变较小。



bcc: $b_1 = \frac{a}{2}[111]$



fcc: $b_2 = \frac{a}{2}[110]$

三、综合分析题

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。

答：对于工业纯铝，可采用细晶强化、加工硬化来提高强度。

细晶强化机理：一方面晶界越多，因晶界上的原子排列不大规则，杂质和缺陷多，能量较高，阻碍位错通过，同时相邻晶粒存在位相差，使位错运动阻力增大，强度升高；另一方面，晶粒多，应力集中小，需要更大的外力来提高塞积应力，从而启动相邻晶粒的滑移

系，因此强度升高。

加工硬化机理：发生塑性变形，位错增殖，位错密度增大，位错交割、缠结，使位错运动阻力增加，使强度升高。

对 Fe-0.2%C 合金，可采用固溶强化、加工硬化、细晶强化、沉淀强化来提高强度。

固溶强化机理：固溶强化实质是溶质原子与位错的弹性交互作用，电交互作用和化学交互作用；

①弹性交互作用：溶质原子溶入溶剂，造成点阵畸变，以溶质原子为中心产生应力场，该应力场与位错产生弹性交互作用，使溶质原子聚集到位错周围（置换固溶体中比溶剂原子大的溶质原子往往扩散到正刃位错的下端拉应力部位，而比溶剂原子小的溶质原子扩散到正刃位错的上端压应力的部位；间隙固溶体中溶质原子总是扩散到位错线下方），形成柯氏气团，对位错线钉扎，降低体系能量，使体系稳定，从而阻碍位错运动，使强度升高；

②化学交互作用：溶质溶入溶剂会引起层错能降低，形成扩展位错，难以交滑移，引起位错塞积，发生化学交互作用，形成铃木气团，阻碍位错运动，使强度升高；

③电交互作用：溶质、溶剂由于价电子数差异，形成局部静电偶极，导致溶质原子与静电区发生短程交互作用，溶质或富集与拉伸区，或富集于压缩区，均产生固溶强化，使强度升高；

加工硬化机理：发生塑性变形，位错增殖，位错密度增大，位错交割、缠结，使位错运动阻力增加，使强度升高。

沉淀强化机理：绕过机制：当位错与不可变形的微粒相遇时，位错受到原子的阻碍而弯曲变长，使位错能量升高，从而使位错运动阻力增加，强度升高；随着外力的增大，位错弯曲加剧，以致围绕粒子位错线相遇，于是正负位错抵消，形成包围粒子的位错环而留下，增大了后续位错阻力，使强度升高。

切过机制：当第二相为可变形的微粒时，①由于晶格结构不同，位错切过必然造成滑移面上的原子错排，要求错排能；②如果粒子为有序相，位错切过，将在滑移面上产生反向畴界，要求反向畴界能；③位错切过时产生台阶，要求新增表面能；④位错周围弹性应力场的作用，阻碍位错运动；⑤粒子与基体弹性模量差，引起位错能量及线张力的变化，阻碍位错的运动，使强度升高。

细晶强化机理：一方面晶界越多，因晶界上的原子排列不大规则，杂质和缺陷多，能量较高，阻碍位错通过，同时相邻晶粒存在位相差，使位错运动阻力增大，强度升高；另一方面，晶粒多，应力集中小，需要更大的外力来提高塞积应力，从而启动相邻晶粒的滑移系，因此强度升高。

对 Al-5%Cu 合金来说，可采用沉淀强化、加工硬化、细晶强化来提高强度。

加工硬化机理：发生塑性变形，位错增殖，位错密度增大，位错交割、缠结，使位错运动阻力增加，使强度升高。

沉淀强化机理：绕过机制：当位错与不可变形的微粒相遇时，位错受到原子的阻碍而弯曲变长，使位错能量升高，从而使位错运动阻

力增加，强度升高；随着外力的增大，位错弯曲加剧，以致围绕粒子位错线相遇，于是正负位错抵消，形成包围粒子的位错环而留下，增大了后续位错阻力，使强度升高。

切过机制：当第二相为可变形的微粒时，①由于晶格结构不同，位错切过必然造成滑移面上的原子错排，要求错排能；②如果粒子为有序相，位错切过，将在滑移面上产生反向畴界，要求反向畴界能；③位错切过时产生台阶，要求新增表面能；④位错周围弹性应力场的作用，阻碍位错运动；⑤粒子与基体弹性模量差，引起位错能量及线张力的变化，阻碍位错的运动，使强度升高。

细晶强化机理：一方面晶界越多，因晶界上的原子排列不大规则，杂质和缺陷多，能量较高，阻碍位错通过，同时相邻晶粒存在位相差，使位错运动阻力增大，强度升高；另一方面，晶粒多，应力集中小，需要更大的外力来提高塞积应力，从而启动相邻晶粒的滑移系，因此强度升高。

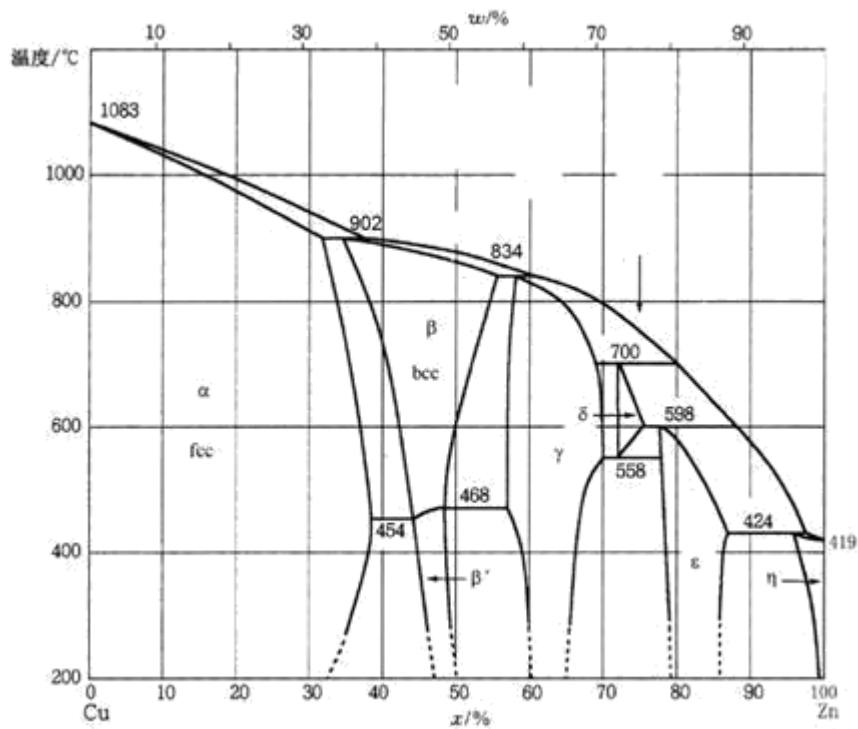
2、请根据 Cu-Zn 相图回答下列问题：

1)若在 500℃ 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℃、834℃、700℃、598℃、558℃的相变反应类型，并写出反应式。

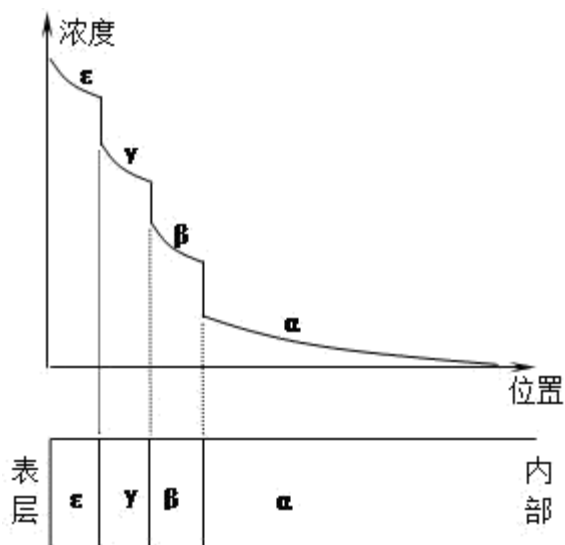
3)请绘出 Cu-75%Zn 合金的平衡结晶的冷却曲线，并标明各阶段的相变反应或相组成。

4)请计算 Cu-75%Zn 合金平衡结晶至 200℃时的相组成含量。



答:

1)、



2)、902℃: 包晶—— $L + \alpha \rightarrow \beta$

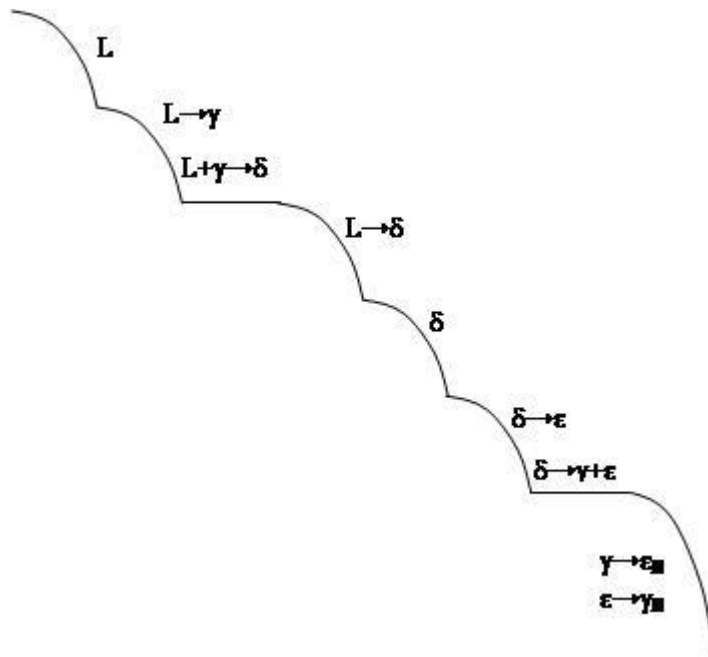
834℃: 包晶—— $L + \beta \rightarrow \gamma$

700℃: 包晶—— $L + \gamma \rightarrow \delta$

598℃: 包晶—— $L + \delta \rightarrow \epsilon$

558℃: 共析—— $\delta \rightarrow \gamma + \epsilon$

3)、



4)、 $\epsilon_{\%} = \frac{75-65}{79-65} \times 100\% = 71.4\%$

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