

西北工业大学 2014 考研真题

一、简答题

1、什么是相？什么是相平衡？达到相平衡的条件是什么？

答：相：结构相同，性质相同，聚集状态相同的均匀体；

相平衡：系统中不同的相长期共存而不相互转化；

相平衡的条件：各相的温度相等（热量平衡）；各相的压力相等（机械平衡）；各组元在各相中的化学位相同（化学平衡）；

2、简述点缺陷对晶体的影响？

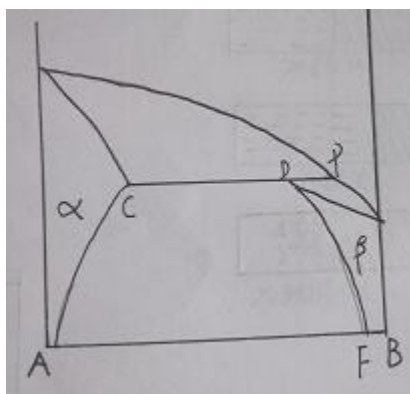
答：点缺陷主要影响晶体的物理性能，如比体积，比热容，电阻率等。从电子层面看，主要表现为电阻率的增加，这是因为点缺陷对电子产生强烈的散射导致晶体的电阻率增大；产生点阵畸变，使晶体膨胀，间隙原子使体积膨胀 1~2 个原子体积，空位使晶体膨胀 0.5 个原子体积；使屈服强度升高，主要是间隙原子与位错相互作用，产生柯氏气团，对位错钉扎，使屈服强度升高；对扩散、内耗、高温形变、热处理产生重要影响；

3、简述晶界位相差与晶界能的关系，为什么？

答：位相差越大，晶界能越高；随着位相差增大，晶界能先快速增大，在逐渐趋于稳定；因为位相差越大，缺陷越多（小角度晶界位错密度越大），畸变越严重，因此能量越高。

4、简述包晶形核长大过程中溶质原子的扩散特点。

答：在进行包晶转变时， β 相依附于 α 相表面形核，并消耗 L 相和 α 相生长。当温度略低于包晶温度时，开始从 L_p 中结晶出 β_D ， β 将在



α 表面形成一层 β 时, α 成分为 α_c , β 成分为 β_D , 而液相成分为 L_p , 这样各界面存在浓度梯度, 促使 B 原子从液相经 β 相向 α 扩散, 而 A 原子从 α 相经 β 相向液相中扩散。扩散的结果是破坏了原来的界面平衡。

为了维持原有的相界平衡, 就必须有相界移动, 即 L/β 界面相 L 中移动, 以提高 B 的浓度; β/α 界面向 α 中移动, 以提高界面前沿 α 中 A 的浓度。相界移动的结果, 使相界处两相平衡恢复。相界平衡又引起原子在相间的浓度差, 促进原子扩散, 扩散的结果了相界平衡, 引起相界移动, 达到新的平衡…… β 相长大是相界移动的过程。

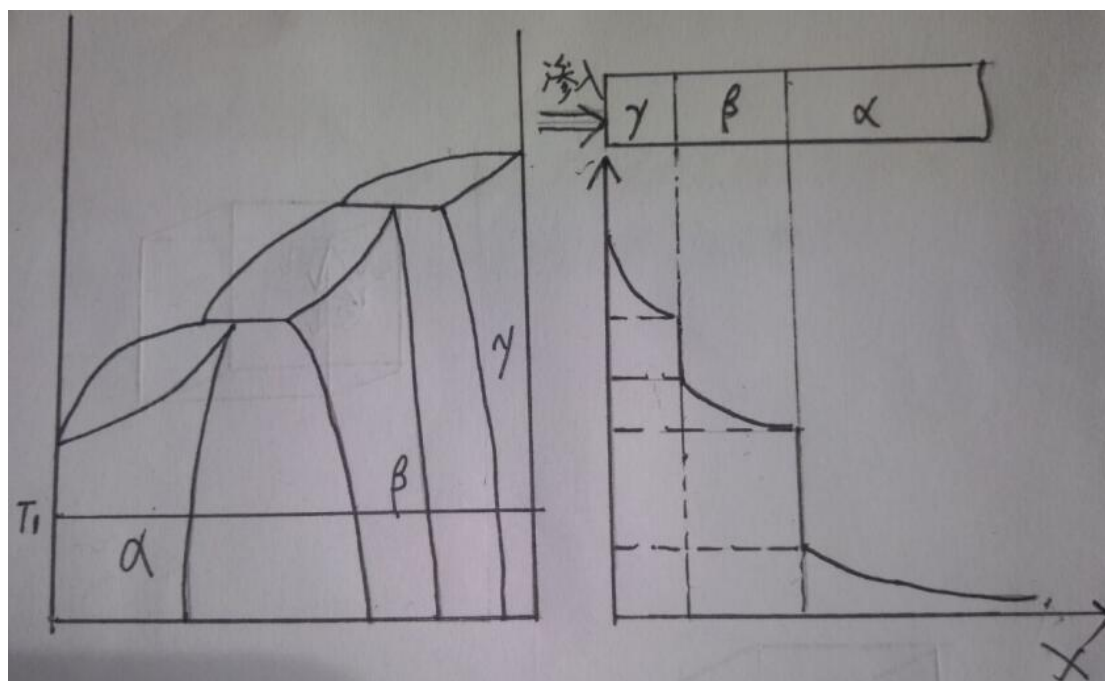
5、简述平衡条件与非平衡条件下结晶的不同之处。

答: 平衡结晶: 是指合金从液态无限缓慢地冷却, 原子扩散非常充分, 时时达到相平衡的一种凝固方式。非平衡结晶: 是指结晶速度比较快, 扩散不充分, 凝固未能达到平衡条件的一种凝固方式。

与非平衡结晶相比, 平衡结晶①液相中溶质原子通过迁移而分布均匀, 固相中溶质原子通过扩散也分布均匀; ②液相及固相的成分随温度变化而变化, 但在任一温度下都达到平衡状态; ③结晶后晶粒内成分均匀, 无宏观偏析及微观偏析。

二、计算题

1、A-B 二元系相图如图所示, 对纯 A 无限长的金属棒在加热到 T_1 温度下, 对其一端进行长时间的渗入 B 组元, 画出成分分析图和浓度分布图。

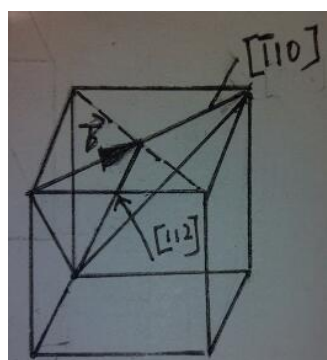


2、面心立方晶体中，有位错位于滑移面 $(11\bar{1})$ ，滑移方向为 $[\bar{1}10]$ ，

(1) 其柏氏矢量为 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 在晶胞图中画出柏氏矢量，并计算其大小；

(2) 若造成该滑移的是刃型位错或螺型位错，画出其位错线，并写出位错线的晶向指数；

答：



(1): $b = \frac{a}{2}[\bar{1}10]$

其大小为 $|b| = \frac{\sqrt{2}}{2}a$;

(2): 刃位错线方向为 $[112]$ ，

螺位错线方向 $[\bar{1}10]$ ；

3、碳原子在 γ -Fe 中扩散， $D_0 = 2.0 \times 10^5 \text{ J/mol}$ ，当温度从 927°C 上升到 1027°C 时，扩散系数变化了多少？

($R=8.31\text{J/mol} \cdot \text{K}$)

$$\text{答: } \frac{D_{1300\text{K}}}{D_{1200\text{K}}} = \frac{D_{0\text{exp}} \left(-\frac{Q}{RT_2} \right)}{D_{0\text{exp}} \left(-\frac{Q}{RT_1} \right)} = \exp \left(-\frac{Q}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right) = e^{1.08} = 2.94$$

即：扩散系数扩大了 2.94 倍

4、若原子直径不变，Fe 从 fcc 变为 bcc，体积膨胀百分比是多少？经实验测定 912°C 时 $\alpha\text{-Fe}$ 晶格常数为 0.2892nm ， $\gamma\text{-Fe}$ 的晶格常数为 0.3633nm ，计算 $\gamma\text{-Fe}$ 转化为 $\alpha\text{-Fe}$ 时，体积膨胀百分比，说明两种情况膨胀百分比不同的原因。

$$\text{答: } ① a_{fcc} = \frac{4}{\sqrt{2}}r \quad V_{fcc\text{单胞}} = a_{fcc}^3 = \frac{64}{2\sqrt{2}}r^3$$

$$a_{bcc} = \frac{4}{\sqrt{3}}r \quad V_{bcc\text{单胞}} = a_{bcc}^3 = \frac{64}{3\sqrt{3}}r^3$$

$$\Delta V_{\gamma-\alpha} = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{64}{3\sqrt{3}}r^3 - \frac{1}{4} \times \frac{64}{2\sqrt{2}}r^3}{\frac{1}{4} \times \frac{64}{2\sqrt{2}}r^3} = 9\%$$

$$②_{fcc} \quad r = \frac{\sqrt{2}}{4}a = \frac{\sqrt{2}}{4} \times 0.3633 = 0.1284 \text{ (nm)}$$

$$_{bcc} \quad r = \frac{\sqrt{3}}{4}a = \frac{\sqrt{3}}{4} \times 0.2892 = 0.1251 \text{ (nm)}$$

$$\Delta V_{\gamma-\alpha} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.2892^3 - \frac{1}{4} \times 0.3633^3}{\frac{1}{4} \times 0.3633^3} = 0.89\%$$

产生差别的原因：晶体结构不同，原子半径大小也不同；晶体结构中原子配位数降低时，原子半径收缩。

三、分析题

1、在不改变合金成分的条件下，怎样提高纯铝和 40 钢的强度，并解释其机理。

答：(1) 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太规则，

There are no regrets in life, just lessons.

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。

（2）对于 40 钢，可采用固溶强化、加工硬化、沉淀强化、细晶强化来提高强度。

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太规则，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、在室温下，对纯铝、铅板反复折弯，越折越硬，放置一段时间后，发现铅板和弯折前一样软，分析解释这一现象的机理。

答：室温下，对纯铅板反复弯折会越折越硬，是由于加工硬化导致位错的大量增殖以及位错间的缠结、交割作用而得到强化。放置一段时间，铅和弯折前一样软，是由于铅在室温下已经发生了再结晶，使其形成了新的无畸变新晶粒，由于加工硬化产生的存储能完全释放，变形产生的畸变完全消除，从而加工硬化消除，力学性能恢复到冷变形前的水平。