

# 西北工业大学 2005 考研真题

## 一、简答题

### 1、请简述二元合金结晶的基本条件有哪些。

答：分析结晶相变时系统自由能的变化可知：①结晶的热力学条件为  $\Delta G < 0$ ；由单位体积自由能的变化可知  $\Delta G_v = - \frac{Lm}{T_m} \Delta T$  可知，只有  $\Delta T > 0$ ，才有  $\Delta G_v < 0$ ，即只有成分过冷，才能使  $\Delta G < 0$ 。②动力学条件：液固界面前沿液体中温度  $T_i < T_m$ （熔点），即存在动态过冷。③能量条件：  $A > \Delta G_{max}$ ，由临界晶核形成功  $A = \frac{1}{3} \sigma_s$  可知，当形成一个临界晶核时，还有  $\frac{1}{3}$  的表面能，必须由液体中的能量起伏来提供。④结构起伏：  $r > r^*$ ，晶核半径大于临界晶核半径。液体存在结构起伏是结晶产生晶核的基础，因此结构起伏是结晶过程必须具备的结构条件。⑤成分起伏：固溶体在凝固过程中成分会发生变化，而且要满足成分要求，必然要求有成分起伏。

### 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：①低温回复：因温度低，原子活动能力有限，主要局限于点缺陷的运动。通过空位迁移到晶界表面，正刃位错上端，与间隙原子复合而消失，或位错环崩塌形成位错环，空位浓度显著下降。

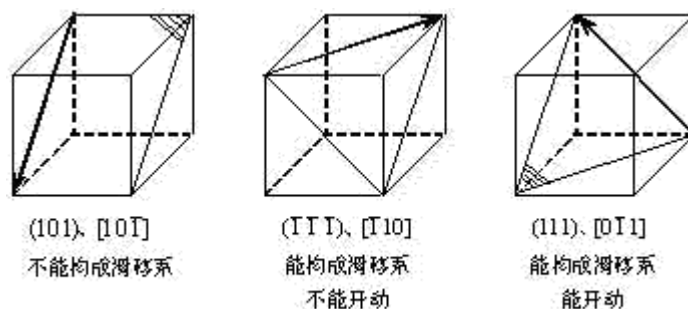
②中温回复：中温回复过程中因温度稍高，原子活动能力增强，除点缺陷外，位错也被激活。其主要机制是位错滑移导致异号位错抵消，位错重组合并，使位错密度有所下降。

③高温回复：因温度较高，位错被充分激活，同号刃位错本身弹性应力场的作用下，还可能发生攀移运动。最终通过位错的滑移和攀移，使这些位错从同一滑移面变为不同滑移面上的垂直排列的位错墙，以降低总畸变能。

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

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  $(111)$   $[0\bar{1}1]$ ，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。

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

$$\text{几何条件: } \frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] = \frac{a}{2}[002] = a[001]$$

满足几何条件

$$\text{能量条件: } b_1^2 + b_2^2 = \left( \frac{a}{2} \sqrt{(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2} \right)^2 +$$

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

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

满足能量条件，反应可以进行。

$$(2) \frac{a}{2}[110] \rightarrow \frac{a}{6}[21\bar{1}] + \frac{a}{6}[211]$$

$$\text{几何条件: } \frac{a}{6}[21\bar{1}] + \frac{a}{6}[211] = \frac{a}{2}[110], \text{ 满足几何条件}$$

$$\text{能量条件: } b_1^2 = \left( \frac{a}{2} \sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{2}}{2}a \right)^2 = \frac{a^2}{2}$$

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

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  $b = \frac{a}{2}[011]$ ；

2) 纯刃位错的位错线方向与  $b$  垂直，且位于滑移面上，为 $[2\bar{1}1]$ ；

纯螺位错的位错线与  $b$  平行，为 $[011]$ 。

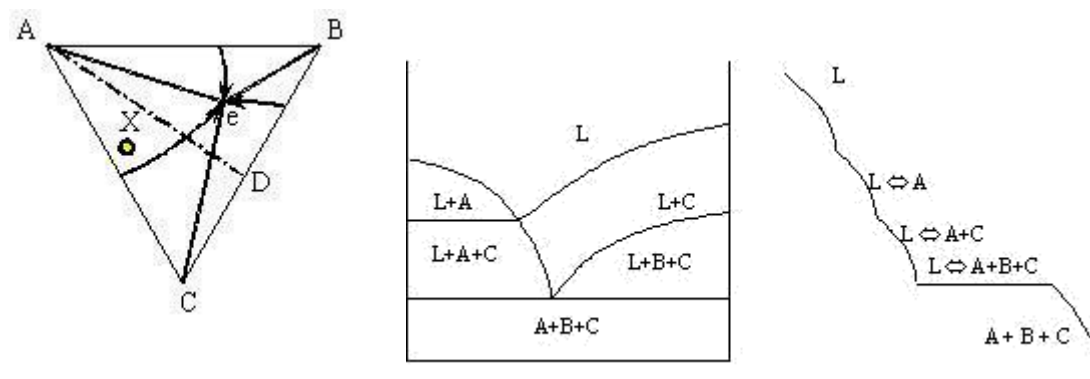
4、若将一块铁由室温  $20^\circ\text{C}$  加热至  $850^\circ\text{C}$ ，然后非常快地冷却到  $20^\circ\text{C}$ ，请计算处理前后空位数变化（设铁中形成  $1\text{mol}$  空位所需的能量为  $104675\text{J}$ ）。

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

5、已知三元简单共晶的投影图，见附图，

1) 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。



### 三、综合分析题：

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：**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。

**细晶强化：**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。同时，晶粒多，变形均匀，塞积应力减小，不容易产生裂纹，晶体塑性升高。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。

**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。

**复相强化：**取决于第二相的性质、形状、分布、数量等；

1) 塑形相+塑形相  $\bar{\sigma} = \phi_1 \sigma_1 + \phi_2 \sigma_2$ ，随第二相中较强相的数量变化而变化，第二相不一定起强化作用；

2) 塑形相+硬脆相

①连续网状：若硬脆相呈连续网状分布在塑性相晶界上，因塑形相晶粒被脆性相包围分割，使基体变形无法发挥，经少量变形后，即发生沿晶脆断，脆性相越多，网状越连续，合金的塑性越差，甚至强度也随之降低。

②层片状：由于变形主要集中在基体相上，且位错的移动被限制在很短的距离内，增加了继续变形的阻力，使强度提高。层片状越小，变形越均匀，塑性越好。

③颗粒状：硬脆相呈颗粒状分布在基体相中时，对位错阻碍作用大大减弱，故强度降低，塑韧性得到改善。

**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

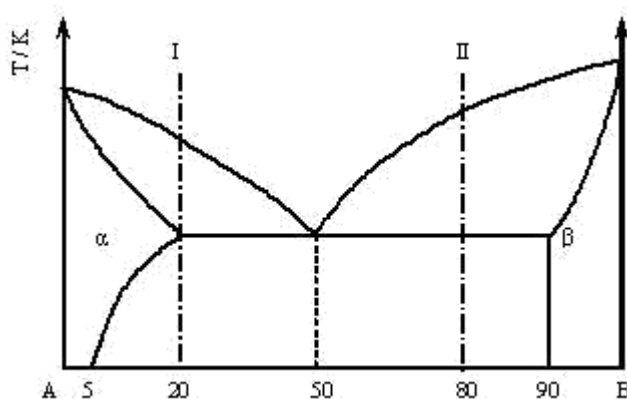
到位错线下方)，形成柯氏气团，对位错线钉扎，降低体系能量，使体系稳定，从而阻碍位错运动，使强度升高；

②化学交互作用：溶质熔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；

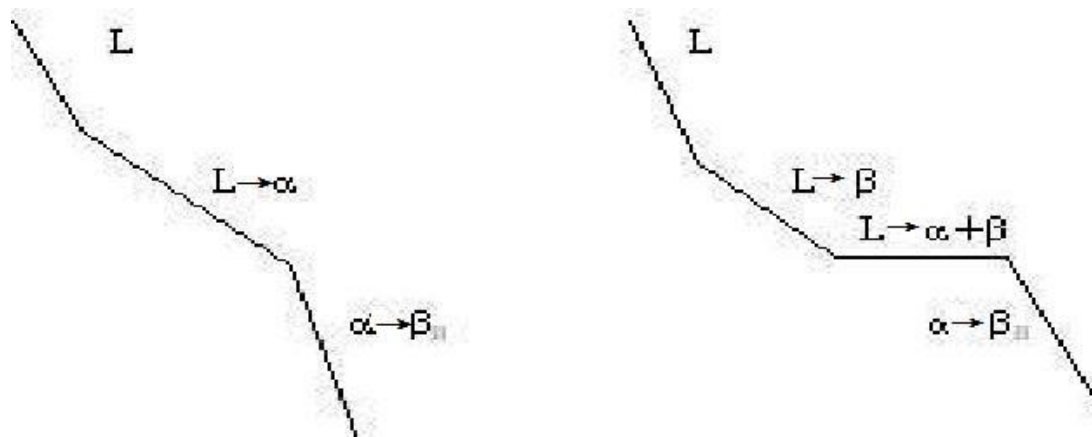
③电交互作用：溶质、溶剂由于价电子数差异，形成局部静电偶极，导致溶质原子与静电区发生短程交互作用，溶质或富集与拉伸区，或富集于压缩区，均产生固溶强化，使强度升高；

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？并计算出相和组织相对含量；
- 3) 如果希望得到室温组织为共晶组织和 5% 的  $\beta$  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:  $\alpha_{\text{初}} + \beta_{\text{II}}$

$$W_{\alpha} = W_{\alpha_{\text{初}}} = \frac{0.9 - 0.2}{0.9 - 0.05} \times 100\% = 82.35\%$$

$$W_{\beta} = W_{\beta_{\text{II}}} = \frac{0.2 - 0.05}{0.9 - 0.05} \times 100\% = 17.65\%$$

相组成不组织组成比例相

II:  $\beta_{\text{初}} + (\alpha + \beta)_{\text{共}} + \beta_{\text{II}}$  (忽略)

$$W_{\beta_{\text{初}}} = \frac{0.9 - 0.8}{0.9 - 0.5} \times 100\% = 25\%$$

$$W_{(\alpha + \beta)_{\text{共}}} = \frac{0.8 - 0.5}{0.9 - 0.5} \times 100\% = 75\%$$

$$W_{\alpha} = \frac{0.9 - 0.8}{0.9 - 0.05} \times 100\% = 11.76\%$$

$$W_{(\alpha + \beta)_{\text{共}}} = \frac{0.8 - 0.05}{0.9 - 0.05} \times 100\% = 88.24\%$$

3) 设所求合金成分为  $x$

$$W_{\beta_{\text{初}}} = \frac{x - 0.5}{0.9 - 0.5} \times 100\% = 5\%$$

$$X = 0.05 \times (0.9 - 0.5) + 0.5 = 52\%$$

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  $\beta_{II}$  量会减少, 甚至不出现;

II 合金在快冷条件下  $\beta_{初}$  呈树枝状, 且数量减少, 共晶体减少。共晶体组织变细小, 相对量增加。