

西北工业大学 2004 考研真题

一、简答题

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：当小原子随机分布，大小原子点阵不能合并，保留大原子的点阵，形成间隙固溶体；小原子有规律分布，大小原子数量成比例，大小原子点阵可以合并，形成新点阵，结构简单的称为间隙相，结构复杂的称为间隙化合物。

2、请简述影响扩散的主要因素有哪些。

答：1) 温度：温度升高，原子能量升高，原子的迁移频率、迁移几率和迁移距离均增大，使扩散系数增大。

2) 晶体的结构与类型

①晶体结构：致密度大，原子迁移难度增大，扩散系数减小；溶解度越大，浓度梯度 $\frac{dc}{dx}$ 增大，扩散系数增大；各向异性的晶体，扩散同时呈现各向异性，溶质原子密排方向扩散慢，非密排方向扩散快。

②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。

③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化学成分

(1) 浓度升高，浓度梯度 $\frac{dc}{dx}$ 增大，扩散系数增大；

(2) 第三组元的影响：影响大且复杂，例如：降低熔点，使扩散系数增大，与扩散原子结合力越大，扩散系数越小。

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 $r \geq r_k$ 的晶胚 (2) 获得 $A \geq A^*$ （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（强度、塑性同时提高）、固溶强化（强度升高，塑性

略有下降)、复相强化(第二相不一定起强化作用)、弥散强化(时效强化)加工硬化。

二、计算作图题

1、求 $[11\bar{1}]$ 和 $[20\bar{1}]$ 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 $(h\ k\ l)$

$$\text{则 } h:k:l = \frac{1}{0} \frac{-1}{-1} \frac{-1}{-1} : \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{0} = (112)$$

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?

答:1)点阵常数堆积密度 $a=2(r_{Mg^{2+}}+r_{O^{2-}})=0.412\text{nm}$

$$\text{堆积密度 } P_f = \frac{\frac{4}{3}\pi(r_{Mg^{2+}}^3+r_{O^{2-}}^3)\times 4}{a^3} = 0.73$$

2)堆积密度会改变,因为 P_f 与两异号离子半径的比值有关。

3、已知液态纯镍在 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ (1大气压),过冷度为319K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。

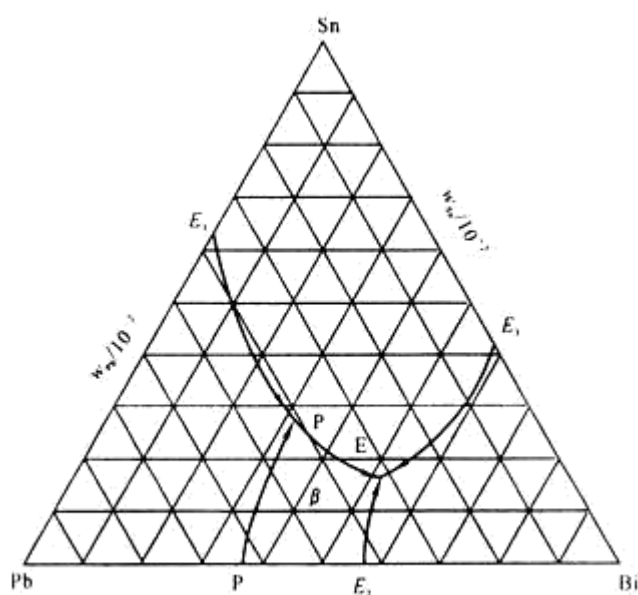
答:因为 $r = \frac{2\sigma}{\Delta G_B} \quad \Delta G_B = \frac{L\Delta T}{T_m} = \frac{\Delta H \Delta T}{T_m}$

$$\text{所以 } \sigma = \frac{r \Delta G_B}{2} = \frac{r \Delta H \Delta T}{2T_m} = 2.53 \times 10^{-5} \text{ J/cm}^2$$

$$A = \Delta G_B = \frac{16\pi\sigma^3}{3\Delta G_B^2} = \frac{16\pi\sigma^3 T_m^2 V^2}{3\Delta H^2 \Delta T^2} = 1.6 \times 10^{-19}$$

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 E_3E 移动; 液相成分达到 E_3E 后发生共晶反应, $L \rightarrow (Sn+Bi)_{共}$, 液相成分沿 E_3E 向 E 移动; 液相成分达到 E 后, 发生三元共晶反应 $L \rightarrow (Sn+Bi+\beta)_{共}$, 随后冷却不再变化。

室温组织为: $Bi_{初} + (Sn+Bi)_{共} + (Sn+Bi+\beta)_{共}$

$$2) W_{Bi_{初}} = 0.288; W_{(Sn+Bi)_{共}} = 0.407; W_{(Sn+Bi+\beta)_{共}} = 0.305$$

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 $\sigma_{st} = 280\text{MPa}$, 弹性模量

$E_{st} = 205\text{GPa}$, 铜的 $\sigma_{cu} = 140\text{MPa}$, 弹性模量 $E_{cu} = 110\text{GPa}$ 。

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？

答：两金属的弹性应变相等，即：

$$(\sigma/E)_{st} = \epsilon_{st} = \epsilon_{Cu} = (\sigma/E)_{Cu}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{Cu} \times \frac{20500}{110000} = 1.86\sigma_{Cu}$$

1) Cu 先屈服；

$$2) F_{总} = F_{Cu} + F_{st} = 140 \times 10^6 \times 2.4 \times 10^{-6} + 280 \times 10^6 \times 0.8 \times 10^{-6} = 560N$$

$$3) \bar{E} = (\psi E)_{st} + (\psi E)_{Cu} = 130000MPa$$

三、综合分析题

1、某面心立方晶体的可动滑移系为 $(11\bar{1})$ 、 $[\bar{1}10]$ 。

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 $a=0.2nm$ ）。

答：1) 柏氏矢量： $b = \frac{a}{2}[\bar{1}10]$ ；

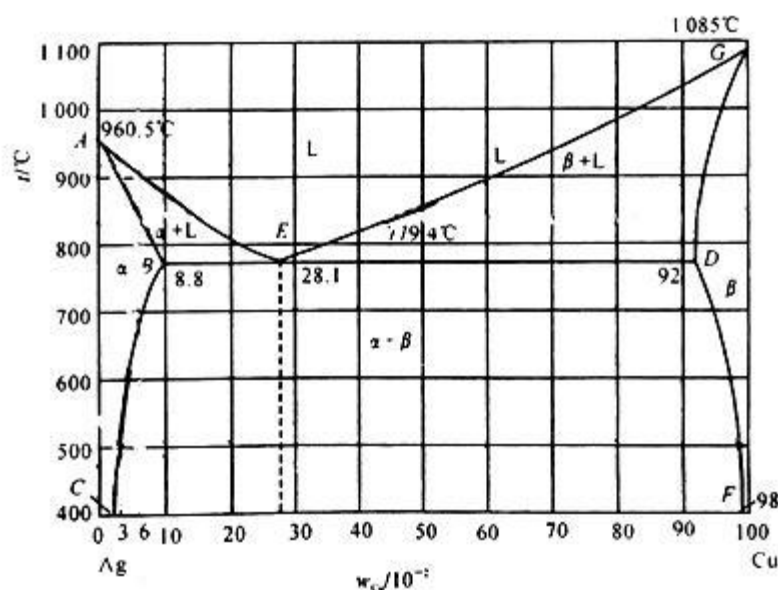
2) 位错线方向： $[112]$ ；

3) 位错线运动方向平行于柏氏矢量；

There are no regrets in life, just lessons.

4) $F = \tau b = 9.899 \times 10^{-11} \text{ MN/m}$

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)。



答：1、将 1Kg 合金加热至 900°C 以上熔化，缓慢冷却至 850°C，倒去剩余液体，所得固体 a_1 约 780g, $W_{\text{Cu}}=0.055$;

2. 将 a_1 熔化，缓慢冷却至 900°C，倒去剩余液体，得 a_2 约 380g, $W_{\text{Cu}}=0.03$;

3. 将 a_2 熔化，缓慢冷却至 920°C，倒去剩余液体，得 a_3 约 260g, $W_{\text{Cu}}=0.02$;

4. 将 a_3 熔化，缓慢冷却至 935°C，倒去剩余液体，得 a_4 约 180g, $W_{\text{Cu}}=0.013$ ，即可。