

西北工业大学 2016 考研真题

一、简答题

1、请简述固溶强化的机制？

答：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；

2、何为形核率？请对比分析均匀形核与非均匀形核两种情况下，形核率各有什么特点，有什么差异？

答：定义：单位时间，单位体积形成晶核的数目

均匀形核形核率的特点：①未达到有效形核过冷度 ΔT_p 时，为亚稳

态金属；②达到 ΔT_p 之后， N 突增无下降阶段；

非均匀形核形核率的特点：随过冷度增大， N 增大平缓，有下降阶段，并中断（基底用尽）。

3、相界有哪几类？请比较这几类相界的表面能（化学能）、应变能，以及总能量的大小。

答：相界面分为共格、半共格、非共格界面；

表面能：共格 < 半共格 < 非共格

应变能：共格 > 半共格 > 非共格

总能量：共格 < 半共格 < 非共格

4、Al-2.0wt%Cu 合金在时效过程中会形成 Al_2Cu 相，请按热力学分类、动力学分类和结构学分类，分别说明 Al_2Cu 相形成所属的相变类型。

答：从热力学角度看：化学势相等，化学势的一阶偏导数不相等，所以为一级相变；从动力学角度看： Al_2Cu 相形成是脱溶转变过程，以形核长大方式进行，故为非匀相相变；从结构学角度看： Al_2Cu 形成与长程扩散有关，故为重构型相变。

5、扩散的影响因素有哪些？

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。

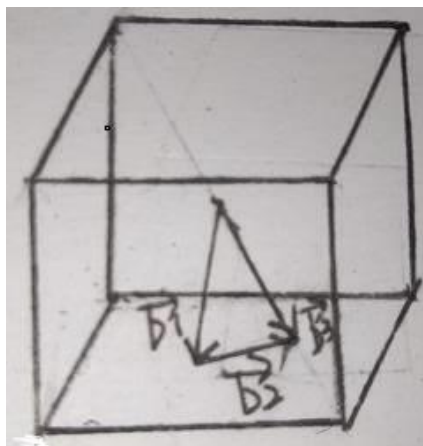
二、计算题

1、分析在 fcc 中， $\frac{a}{2}[\mathbf{10\bar{1}}] + \frac{a}{6}[\mathbf{\bar{1}21}] \rightarrow \frac{a}{3}[\mathbf{11\bar{1}}]$ 位错反应能否进行？若能够进行，请在晶胞图上做出各柏氏矢量图。

答：几何条件： $\frac{a}{2}[\mathbf{10\bar{1}}] + \frac{a}{6}[\mathbf{\bar{1}21}] = \frac{a}{3}[\mathbf{11\bar{1}}]$

满足几何条件

能量条件：



$$b_1^2 + b_2^2 = \left(\frac{a}{2} \sqrt{1^2 + (-1)^2} \right)^2 + \left(\frac{a}{6} \sqrt{1^2 + (-1)^2 + 2^2} \right)^2 = \frac{2}{3} a^2$$

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

满足能量条件，反应可以进行。

2、已知 Al 在 Al_2O_3 中的扩散系数 $D_{0(\text{Al})} = 2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ，激活能 477 KJ/mol ，而氧在 Al_2O_3 中的 $D_{0(\text{O})} = 0.19 \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 636 \text{ KJ/mol}$ 。分别计算二者在 2000 K 温度下的扩散系数 D_0 。说明它们扩散系数不同的原因。

答：①由 $D = D_0 \exp \left(\frac{-Q}{RT} \right)$ 得：

$$\text{Al: } D_{\text{Al}} = 2.8 \times 10^{-3} \exp \left(\frac{-477000}{8.341 \times 2000} \right) = 9.7 \times 10^{-16} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$\text{O: } D_{\text{O}} = 0.19 \exp \left(\frac{-636000}{8.341 \times 2000} \right) = 4.7 \times 10^{-18} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

②因为 Al_2O_3 中阳离子 Al 离子半径小于阴离子 O 的离子半径，因此 Al 在 Al_2O_3 的扩散激活能小于 O 在 Al_2O_3 中的激活能，故前者的扩散系数大于后者。

3、有一 bcc 晶体的 $(\bar{1}10)[111]$ 滑移系的临界分切力为 60 MPa ，试问在 $[001]$ 和 $[010]$ 方向必须施加多少的应力才会产生滑移？

答：根据公式 $\tau_k = \sigma_s \cos \varphi \cos \lambda$

There are no regrets in life, just lessons.

在 $[001]$ 方向上有： $\cos\varphi = \frac{1 \times 0 + (-1) \times 0 + 0 \times 1}{\sqrt{1+1+0} \times \sqrt{1+0+0}} = 0$

$$\cos\lambda = \frac{1 \times 0 + 1 \times 0 + 1 \times 1}{\sqrt{1+1+1} \times \sqrt{1+0+0}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

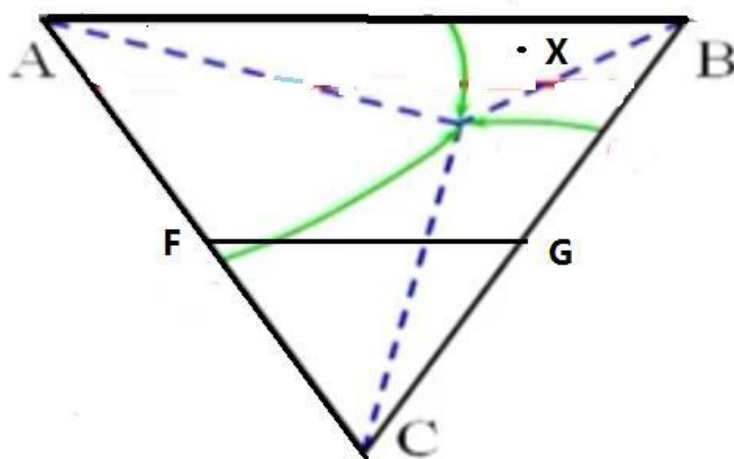
即：在 $[001]$ 方向上无论施加多大的应力都不能使滑移系开动。

在 $[010]$ 方向上有： $\cos\varphi = \frac{1 \times 0 + (-1) \times 1 + 0 \times 1}{\sqrt{1+1+0} \times \sqrt{1+0+0}} = -\frac{\sqrt{2}}{2}$

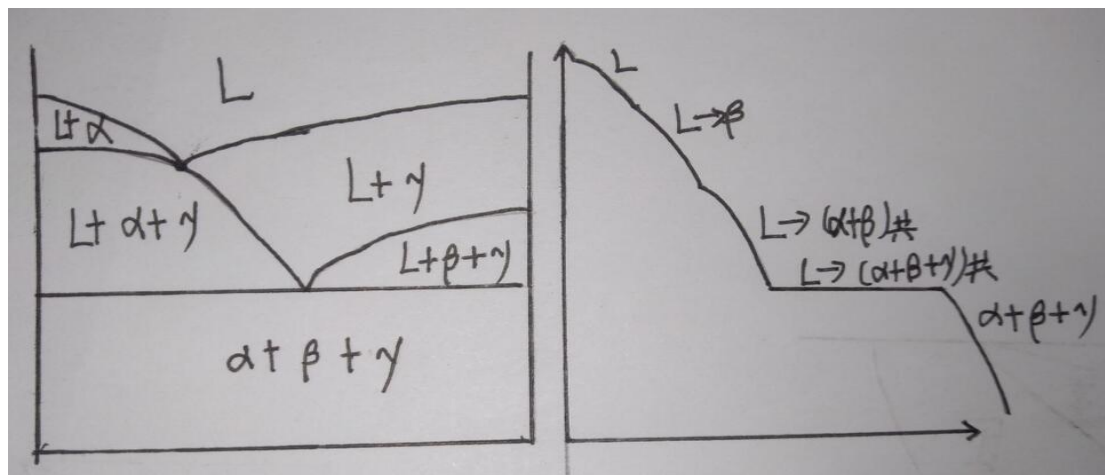
$$\cos\lambda = \frac{1 \times 0 + 1 \times 1 + 1 \times 0}{\sqrt{1+1+1} \times \sqrt{1+0+0}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

使滑移系开动的应力为 $\sigma_s = \frac{\tau_k}{\cos\varphi \cos\lambda} = 146.97 \text{ MPa}$

4、请根据附图绘出三元共晶相图中 FG 所代表的垂直截面，并标明各个相区的相组成；绘出合金 X 的冷却曲线，并标明各阶段的相变反应或相组成。



答：



三、论述题

1、纯金属和固溶体凝固时可能得到哪些典型形态？哪些因素影响其生长形态？请比较分析异同，并阐述原因。

答：对纯金属来说可能得到平面长大形态和树枝状长大形态，而固溶体除了可得到平面状长大形态和树枝状长大形态外，还可获得胞状结构；对纯金属来说，影响因素为液固界面结构的类型和界面前沿液相中温度分布，而对固溶体而言，除了液固界面结构的类型和界面前沿液相中温度分布外，液固界面前由于溶质原子再分配而产生的成分过冷也会对产生影响；由于固溶体合金凝固时，液固界面前沿的溶质再分配，使得过冷度发生变化，从而使固溶体即使在正的温度梯度下，仍然可以以树枝状长大。按照成分过冷区的大小，又会依次呈现平面状、胞状、树枝状长大形态。

2、如果你是一位工程师，在为一款新型山地自行车车架选材，你需要考虑哪些因素？钢、铝、钛合金都是制造自行车的常用金属材料，最先进的自行车常常采用复合材料，请分析这四种材料的主要优缺点。

答：应该考虑强度、硬度、疲劳强度、成本、外观、重量等因素；

选用钢车架：强度、硬度、疲劳强度高，但车架重，而且表面涂层蹭掉后容易生锈，减压效果差，成本低；

选用铝合金车架：耐蚀性好，强硬度较高，成本较钢车架高；

选用钛合金车架：强度高，不生锈，减震效果好，但价格高，抗冲击，重量轻；

选用复合材料车架（碳纤维）：重量轻，减震效果好，不弯曲，抗冲击，舒适度更高，硬度不佳，断裂后无法修复；