

西北工业大学 2011 考研真题

一、简答题

1、请从原子排列、弹性应力场、滑移性质、柏氏矢量等方面对比刃位错、螺位错的主要特征。

答：刃型位错：

- ①晶体中有一个额外原子面，形如刀刃插入晶体；
- ②刃位错引起的应力场既有正应力又有切应力；
- ③位错线可以是折线或曲线，但位错线必与滑移（矢量）方向垂直；
- ④滑移面惟一；
- ⑤位错线的移动方向与晶体滑移方向平行（一致）；
- ⑥位错线不柏氏矢量垂直；

螺型位错：

- ①上下两层原子发生错排，错排区原子依次连接呈螺旋状；
- ②螺位错应力场为纯切应力场；
- ③螺型位错与晶体滑移方向平行，故位错线一定是直线；
- ④螺型位错的滑移面是不唯一；
- ⑤位错线的移动方向与晶体滑移方向相互垂直；
- ⑥位错线与柏氏矢量平行；

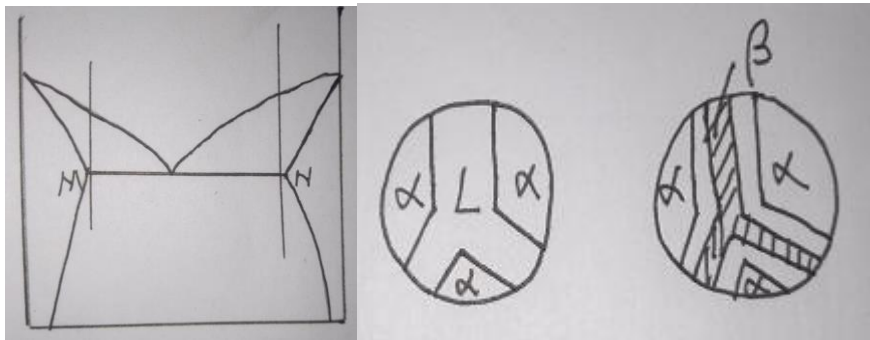
2、何谓金属材料的加工硬化？如何解决加工硬化对后续冷加工带来的困难？

答：材料在加工时，随变形量增大，强度硬度升高，塑性下降的现

象。软化方法是再结晶退火。

3、什么是离异共晶？如何形成的？

答：对于某些成分（M 点右、N 点左）远离共晶点的亚共晶合金，由于初生相量很多，而共晶量很少。在共晶转变中，若共晶中与初生相相同的那个相依附在初生相上生长，而剩余的另一相单独存在于初生相晶粒的边界处，从而使共晶组织特征消失。这种两相分离的共晶称为离异共晶。



4、形成无限固溶体的条件是什么？简述原因。

答：只有置换固溶体才可能形成无限固溶体，且两组元需具有相同的晶体结构、相近的原子半径、相近的电负性、较低的电负性。

原因：相同的晶体结构是形成无限固溶体的必要条件；溶质原子取代了溶剂原子的位置，晶格畸变较小，能量越低；电负性相近不易形成化合物；电子浓度低有利于溶质原子溶入。

5、两个尺寸相同、形状相同的铜镍合金铸件，一个含 90%Ni，另一个含 50%Ni，铸造后自然冷却，问哪个铸件的偏析严重？为什么？

答：铸件的偏析程度与合金相图有关。一般液相线与固相线之间的垂直距离较大，说明合金结晶温度范围较大；液相线与固相线之间

的水平距离越大，结晶时两相成分的差别越大，偏析就越严重，所以在含 50%Ni 的合金铸件中，微观偏析严重。

二、作图计算题

1、写出 {112} 晶面族的等价晶面。

答：

$$\{112\} = (112) + (\bar{1}12) + (1\bar{1}2) + (11\bar{2}) + (121) + (\bar{1}21) + (1\bar{2}1) + (12\bar{1}) + (211) + (\bar{2}11) + (2\bar{1}1) + (21\bar{1})$$

2、请判定下列反应能否进行： $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] \rightarrow a[001]$

答：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

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。

3、已知某晶体在 500℃ 时，每 10^{10} 个原子中可以形成有 1 个空位，请问该晶体的空位形成能是多少？（已知该晶体的常数 $A=0.0539$ ，波耳兹曼常数 $K=1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ）

答： $c = A \exp\left(-\frac{\Delta E_V}{KT}\right)$

$$\text{即：}\Delta E_V = KT \ln \frac{c}{A} = 2.15 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{空位形成能是 } 2.15 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4、单晶铜拉伸，已知拉力轴的方向为 $[001]$ ， $\sigma = 10^6 \text{ pa}$ ，求 (111) 面上柏氏矢量 $b = \frac{a}{2}[\bar{1}01]$ 的螺位错线上所受的力

$(\alpha_{Cu} = 0.36 \text{ nm})$

答：外力在 $(111)[\bar{1}01]$ 上的分切应力为：

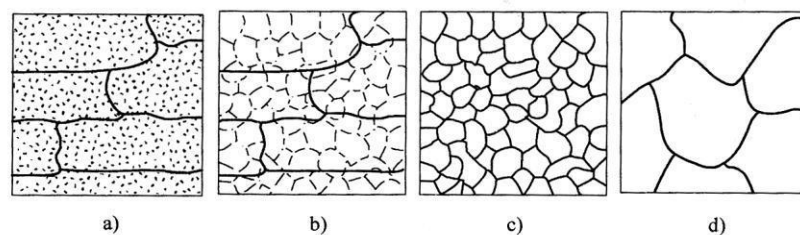
$$\tau = \sigma \cos\varphi \cos\lambda = 10^6 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 4.0825 \times 10^5 \text{ Pa}$$

作用在位错线上的力为：

$$F = \tau b = 4.0825 \times 10^5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.36 \times 10^{-9} = 1.039 \times 10^{-4} \text{ N/m}$$

三、综合分析题

1、经冷加工的金属微观组织变化如图 a 所示，随温度升高，并在某一温度下保温足够长的时间，会发生图 b-d 的变化，请分析四个阶段微观组织、体系能量和宏观性能变化的机理和原因。



答：组织：

冷变形：晶粒沿变形方向伸长，形成显微组织；位错密度增加，位错密度分布不均匀，形成位错胞（胞壁为高位错密度，胞内位错密度低）；晶面转动，各晶粒取向趋于一致，这种位向分布成为择优取向，形成变形织构（各向异性）；

回复：依然保持冷变形后的组织（金相显微镜下观察不到变化，实际上通过透镜观察，其位错组态或亚结构已经发生变化）；

再结晶：细小等轴晶（位错密度很低）；

性能：

冷变形：力学性能：产生加工硬化，强度、硬度升高，塑性下降；物化

性能：电导率、磁导率、电阻温度系数下降，矫顽力及电阻率升高，化学活性增加，抗蚀性下降，点位势增加；产生畸变和内应力，储存能增加；

回复：力学性能基本上不变，保持冷变形后的性能；物理性能恢复到冷变形前；（主要宏观）内应力基本消除；

再结晶：力学性能：强度下降，塑性升高；物理性能保持回复后（密度急剧升高），（微观）内应力完全消除；

晶粒长大：力学性能：强度下降，塑性先升高后降低；物理性能：保持恢复后；内应力：保持再结晶后；

机理：

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。

回复：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。

再结晶：①对于变形量小的金属，再结晶核心多以凸出形核方式形成。当变形量较小时，各晶粒之间将由于不均匀变形而引起位错密度的不同，通过大角度晶界的迁移，大角度晶界向位错高密度的晶粒凸出，吞食其晶粒内部的亚晶而形成无畸变的再结晶晶核---凸出形核机制

②对于变形量大的金属，再结晶核心采用亚晶形核方式形成

(1) 对于层错能高的金属，易攀移，某些取向差较小的相邻亚晶界上的位错网络解离拆散并转移到其他亚晶界上，导致亚晶界的消失而形成亚晶合并，同时由于不断有位错运动到新的亚晶界上而逐渐转变为大角度晶界，从而成为再结晶晶核---亚晶合并晶核

(2) 对于低层错能的金属，难攀移，某些取向差较大的亚晶界具有较高的活性，可直接吞食周围亚晶并逐渐转变为大角度晶界---亚晶长大形核机制

晶粒长大：大角度晶界自发迁移，扫过应变区形成无应变区，直到新晶粒相互接触停止。

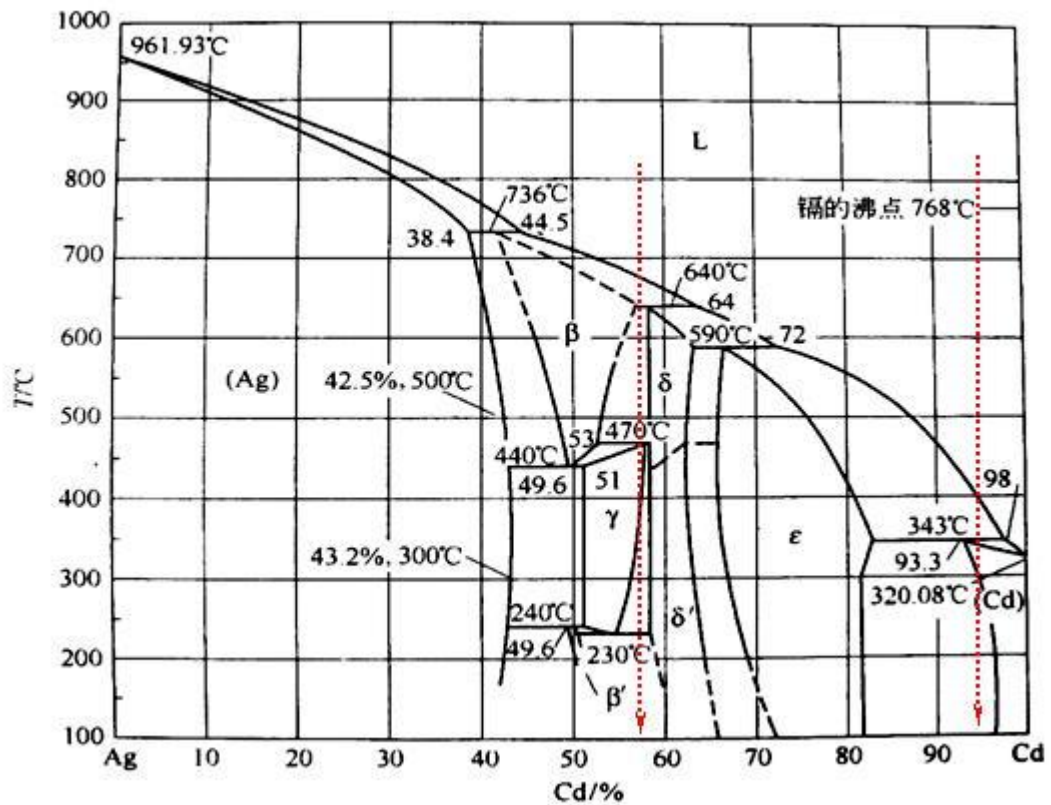
2、根据 Ag-Cd 二元相图：

1) 当温度为 736℃、590℃、440℃和 230℃时分别会发生什么样的三相平衡反应？写出反应式。

2) 分析 Ag-56%Cd 合金的平衡凝固过程，绘出冷却曲线，标明各阶段的相变反应。

3) 分析 Ag-95%Cd 合金的平衡凝固不较快速冷却时，室温

下组织组成会有什么变化，并讨论其原因。



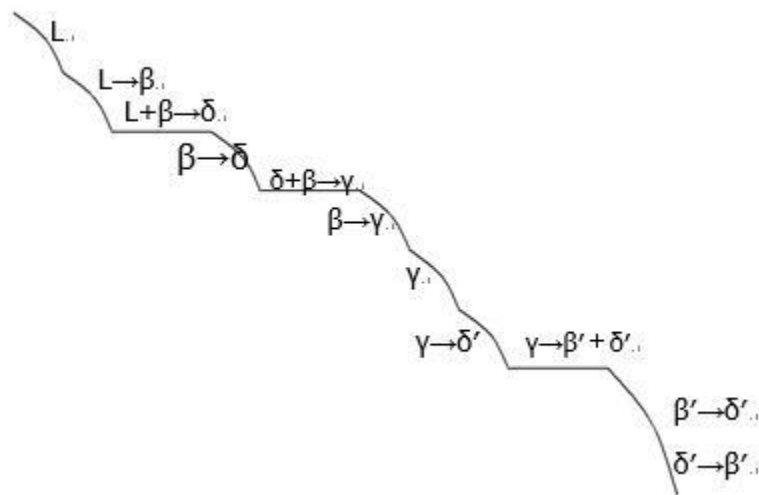
答：(1) 736°C ：包晶反应， $L + \text{Ag} \rightarrow \beta$

590°C ：包晶反应， $L + \delta \rightarrow \epsilon$

440°C ：共析反应， $\beta \rightarrow \text{Ag} + \gamma$

230°C ：共析反应， $\gamma \rightarrow \beta' + \delta'$

2)



There are no regrets in life, just lessons.

3) Ag-95%Cd 合金的平衡凝固到室温: $\text{Cd}_{\text{包}} + \varepsilon_{\text{II}}$ 较快速冷却到室温: $\varepsilon_{\text{初}} + \text{Cd}_{\text{包}} + \varepsilon_{\text{II}}$, 且 ε_{II} 相数量相对较少, 尺寸相对细小。

原因: 快速冷却时, 由于固态中扩散较慢, 使本应该在包晶反应中消失的 $\varepsilon_{\text{初}}$ 有剩余, 既产生包晶转变不完全。另外, 由于冷速快, 使得 ε_{II} 相变得细小, 析出数量减少。