

西北工业大学
2011 年硕士研究生入学考试试题参考答案

试题名称：材料科学基础（A 卷）
说明：所有答题一律写在答题纸上

试题编号：832
第 1 页 共 7 页

一、 简答题（每题 10 分，共 50 分）

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) 1 晶体中有一个额外原子面，形如刀刃插入晶体
- 2) 2 刃位错引起的应力场既有正应力又有切应力。
- 3) 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) 4 滑移面惟一
- 5) 5 位错线的移动方向与晶体滑移方向平行（一致）
- 6) 6 位错线与柏氏矢量垂直

螺型位错：

- 1) 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) 2 螺位错应力场为纯切应力场
- 3) 3 螺型位错与晶体滑移方向平行，故位错线一定是直线
- 4) 4 螺型位错的滑移面是不惟一；
- 5) 5 位错线的移动方向与晶体滑移方向相互垂直。
- 6) 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：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：在共晶水平线的两个端部附近，由于共晶量少，领先相相依附在初生相上，另一相独立存在于晶界，在组织学上失去共晶体特点，称为离异共晶。有时，也将端部以外附近的合金，在非平衡凝固时得到的少量共晶，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、较低的电浓度。原因：溶质原子取代了溶剂原子的位置，晶格畸变较小，晶格畸变越小，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：50%Ni 的偏析严重，因为液固相线差别大，说明液固相成分差别大，冷速较快不容易达到成分均匀化。

二、 作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

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：

$$b_1^2 + b_2^2 = \left(\frac{a}{2} \sqrt{(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2} \right)^2 + \left(\frac{a}{2} \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} \right)^2 = \frac{3}{4} a^2$$

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

不满足能量条件，反应不能进行。

- 3、已知某晶体在 500°C 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：

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

$$\begin{aligned} \Delta E_V &= -kT \ln \frac{c}{A} = -[1.381 \times 10^{-23} \times (500 + 273)] \ln \frac{10^{-10}}{0.0539} \\ &= 1.068 \times 10^{-20} \times 17.8 = 1.9 \times 10^{-19} \quad \text{J} \end{aligned}$$

- 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 $\mathbf{b} = \frac{a}{2} [\bar{1}01]$ 的螺位错线上所受的力（ $a_{\text{Cu}} = 0.36 \text{ nm}$ ）

答：外力在 (111) $[\bar{1}01]$ 上的分切应力为：

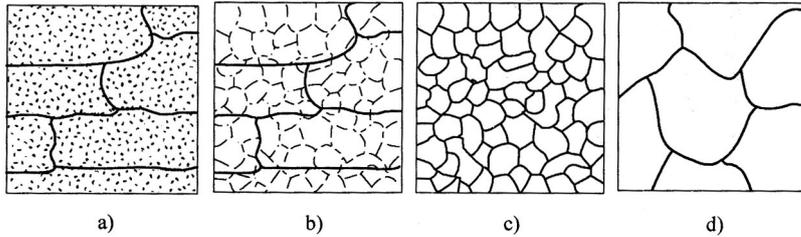
$$\tau = \sigma \cos \varphi \cos \lambda = 10^6 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 4.0825 \times 10^5 \text{ Pa}$$

作用在位错线上的力为：

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

三、 综合分析题（共 40 分）

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：图 a：晶粒拉长，缺陷数量增大形成位错亚结构，产生变形织构；存储能升高；位错缠结导致加工硬化，强度硬度升高，塑形下降，组织取向明显导致各向异性。

图 b：回复。晶粒基本不变，位错发生滑移、攀移等，位错重排，数量略有减少，空位大量减少。内应力得到消除。加工硬化基本保留。

图 c：再结晶。形成新的无畸变新晶粒。存储能全部释放，变形产生的点阵畸变消除。加工硬化消除，力学性能基本恢复到冷变形前的水平。

图 d：晶粒长大。晶粒粗化。体系能量因界面能的下降而下降。强度下降，塑形也下降。

2. 根据 Ag-Cd 二元相图：

- 1) 当温度为 736°C、590°C、440°C 和 230°C 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 合金的平衡凝固与较快速冷却时，室温下组织组成会有什么变化，并讨论其原因。

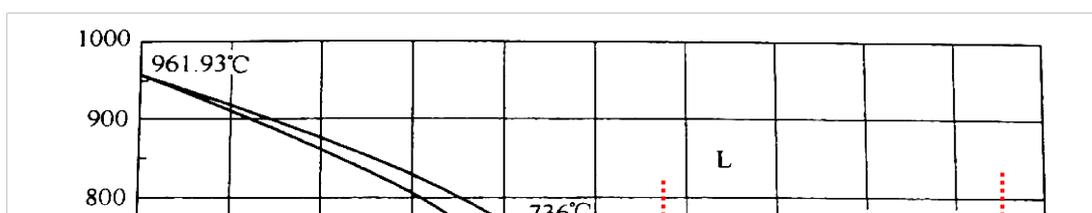
答：

736°C：包晶反应， $L + Ag \rightarrow \beta$

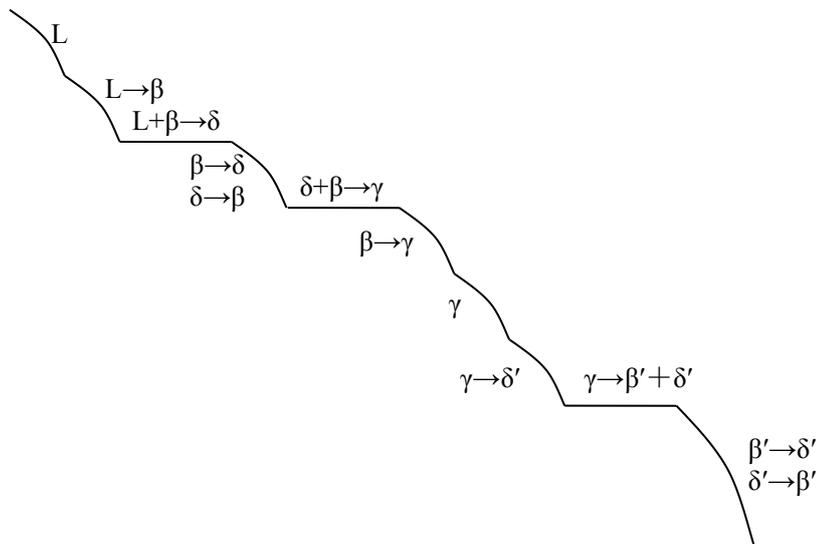
590°C：包晶反应， $L + \delta \rightarrow \epsilon$

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

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



2)



3) Ag-95%Cd 合金的平衡凝固到室温: $Cd_{包} + \epsilon_{II}$

较快速冷却到室温: $\epsilon_{初} + Cd_{包} + \epsilon_{II}$, 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 $\epsilon_{初}$ 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。

