

## 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) 试题编号: 832

说明: 所有答题一律写在答题纸上 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、较低的电负性。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:

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

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

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 $A=0.0539$ , 玻耳兹曼常数 $K=1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ )

答:

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

$$\Delta E_f = -kT \ln \frac{c}{A} = -[1.381 \times 10^{-23} \times (500 + 273)] \ln \frac{10^{-10}}{0.0539}$$

$$= 1.068 \times 10^{-20} \times 17.8 = 1.9 \times 10^{-19} \text{ J}$$

### 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 $b = \frac{a}{2}[101]$ 的螺位错线上所受的力 ( $a_{Cu} = 0.36 \text{ nm}$ )

答: 外力在(111)[101]上的分切应力为:

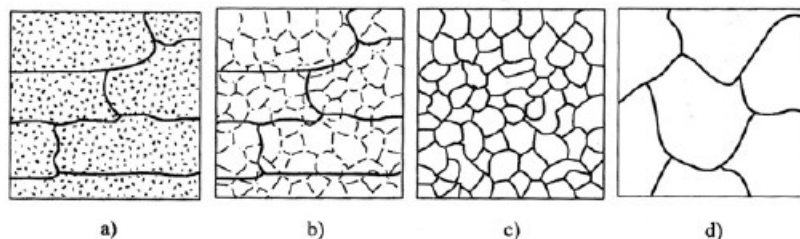
$$\tau = \sigma \cos \phi \cos \lambda = 10^6 \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 4.0825 \times 10^5 \text{ Pa}$$

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 (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，产生变形组织；存储能升高；位错缠结导致加工硬化，强度硬度升高，塑性下降，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，塑性也下降。

## 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：

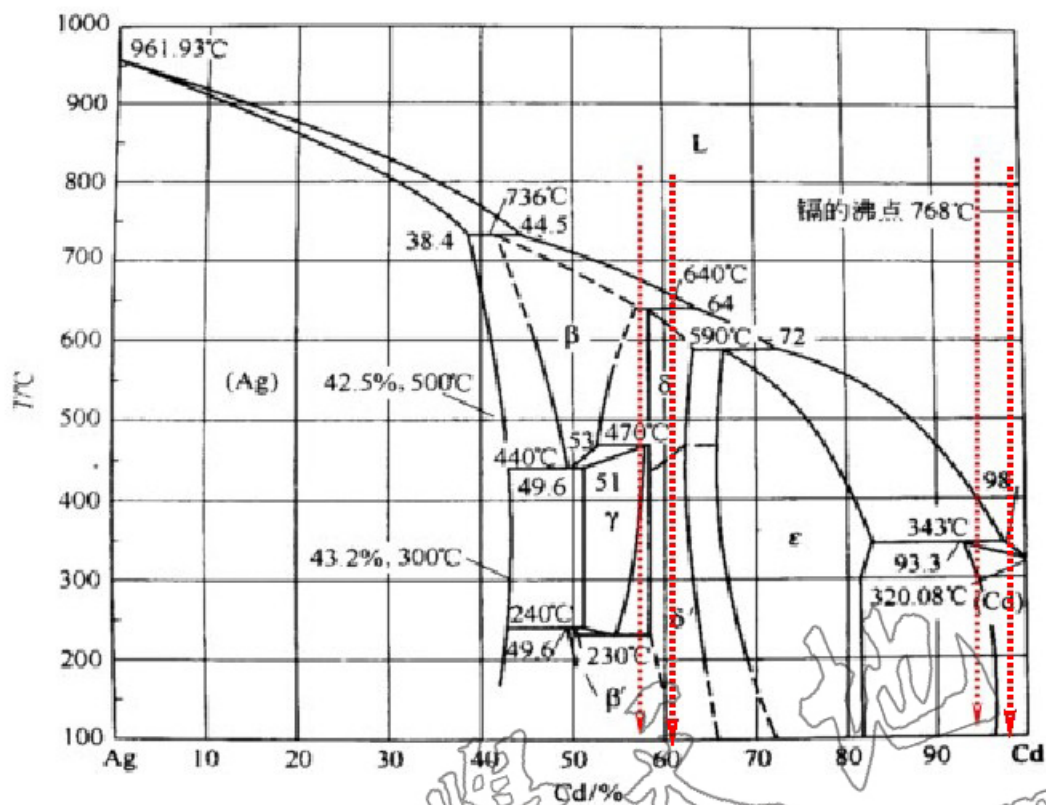
736℃：包晶反应， $L + Ag \rightarrow \beta$

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

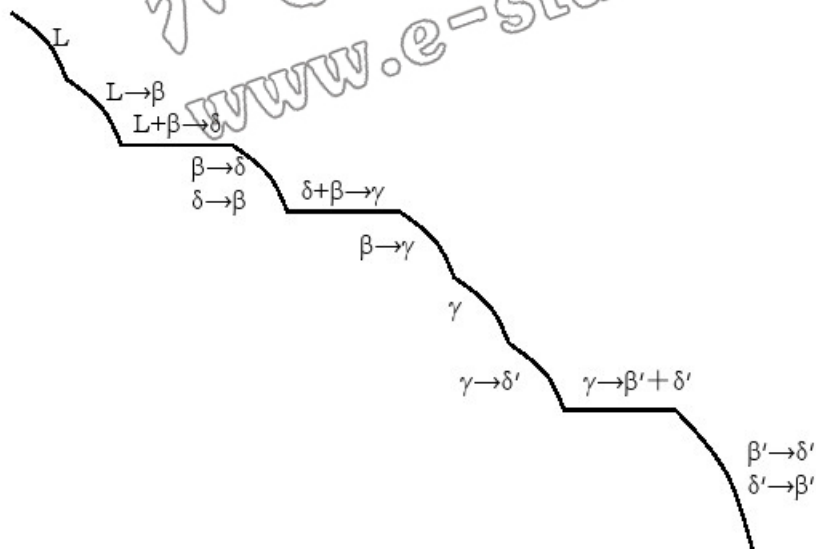
440℃：共析反应， $\beta \rightarrow Ag + \gamma$

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





2)



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

较快速冷却到室温:  $\epsilon_{\text{初}} + \text{Cd}_{\text{包}} + \epsilon_{\text{II}}$ , 且  $\epsilon_{\text{II}}$  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  $\epsilon$  II 相变得细小，析出数量减少。

网学天地  
[www.e-studysky.com](http://www.e-studysky.com)