

# 试卷二十九

## 2006 年攻读硕士学位研究生入学 考试试题

考试科目：材料科学基础

适用专业：材料类、机械类

---

### 一、简答题（每题 10 分，共 50 分）

1. 试从结合键的角度，分析工程材料的分类及其特点。
2. 位错密度有哪几种表征方式？
3. 陶瓷晶体相可分为哪两大类？有何共同特点？
4. 冷轧纯铜板，如果要求保持较高强度，应进行何种热处理？若需要继续冷轧变薄时，又应进行何种热处理？
5. 扩散激活能的物理意义为何？试比较置换扩散和间隙扩散的激活能的大小。

### 二、作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 已知碳在  $\gamma$ -Fe 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由  $927^\circ\text{C}$  上升到  $1027^\circ\text{C}$  时，扩散系数变化了多少倍？（气体常数  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ）
2. 已知某低碳钢  $\sigma_0 = 64 \text{ kPa}$ ， $K = 393.7 \text{ kPa} \cdot \mu\text{m}^{\frac{1}{2}}$ ，若晶粒直径为  $50 \mu\text{m}$ ，该低碳钢的屈服强度是多少？
3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。
4.  $[01\bar{1}]$  和  $[11\bar{2}]$  均位于 FCC 铝的  $(111)$  晶面上，因此理论上  $(111)[01\bar{1}]$  和  $(111)[11\bar{2}]$  的滑移均是可能的。
  - (1) 画出  $(111)$  晶面及单位滑移矢量  $[01\bar{1}]$  和  $[11\bar{2}]$ 。
  - (2) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。

### 三、综合分析题（每题 20 分，共 40 分）

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。
2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。



## 标准答案

一、

1.

金属材料：主要以金属键为主，大多数金属强度和硬度较高，塑性较好。

陶瓷材料：以共价键和离子键为主，硬、脆，不易变形，熔点高。

高分子材料：分子内部以共价键为主，分子间为分子键和氢键为主。

复合材料：是以上三中基本材料的人工复合物，结合键种类繁多，性能差异很大。

2. 有两种方式：体密度，即单位体积内的位错线长度；面密度，即垂直穿过单位面积的位错线根数。

3. 氧化物陶瓷和硅酸盐陶瓷。特点：(1) 结合键主要是离子键，含有一定比例的共价键；(2) 有确定的成分，可以用准确的分子式表达；(3) 具有典型的非金属性质。

4. 保持较高强度则应进行低温退火，使其只发生回复，去除残余应力；要继续冷变形则应进行高温退火，使其发生再结晶，以软化组织。

5. 扩散激活能的物理意义是原子跃迁过程中必须克服周围原子对其的阻碍，即必须克服势垒。相比而言，间隙扩散的激活能较小。

二、

1.

$$D_{927^{\circ}\text{C}} = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right)$$

$$D_{1027^{\circ}\text{C}} = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)}\right)$$

$$\frac{D_{1027^{\circ}\text{C}}}{D_{927^{\circ}\text{C}}} = \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)} - \frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right)$$

$$= \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{108082} - \frac{-1.4 \times 10^5}{99768}\right)$$

$$= \exp(-12.953 + 14.033) = \exp(1.08) = 2.94$$

2. 由霍尔-配奇公式得：

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}} = (64 + 393.7 \times 50^{-\frac{1}{2}}) \text{kPa} = (64 + 55.68) \text{kPa} = 119.7 \text{kPa}$$

3. BCC 密排面为  $\{110\}$  面，其面积为： $A = a \times \sqrt{2}a = \sqrt{2}a^2$

$\{110\}$  面上被原子占据的面积为（两个原子）：



$$A' = 2 \times \pi R^2 = 2\pi \left( \frac{\sqrt{3}}{4} a \right)^2 = \frac{3}{8} \pi a^2$$

堆积密度: 
$$d = \frac{A'}{A} = \frac{3}{8\sqrt{2}} \pi = 0.8332$$

4.

(1) 见图 29-1。

$$(2) \vec{b}_{[01\bar{1}]} = \frac{a}{2} [01\bar{1}], \vec{b}_{[11\bar{2}]} = \frac{a}{2} [11\bar{2}]$$

两位错位于同一滑移面, 因此  $G$  相同, 故

$$\frac{W_{[01\bar{1}]}}{W_{[11\bar{2}]}} = \frac{|\vec{b}_{[01\bar{1}]}|^2}{|\vec{b}_{[11\bar{2}]}|^2} = \left( \frac{1/\sqrt{2}}{\sqrt{6}/2} \right)^2 = \frac{1}{3}$$

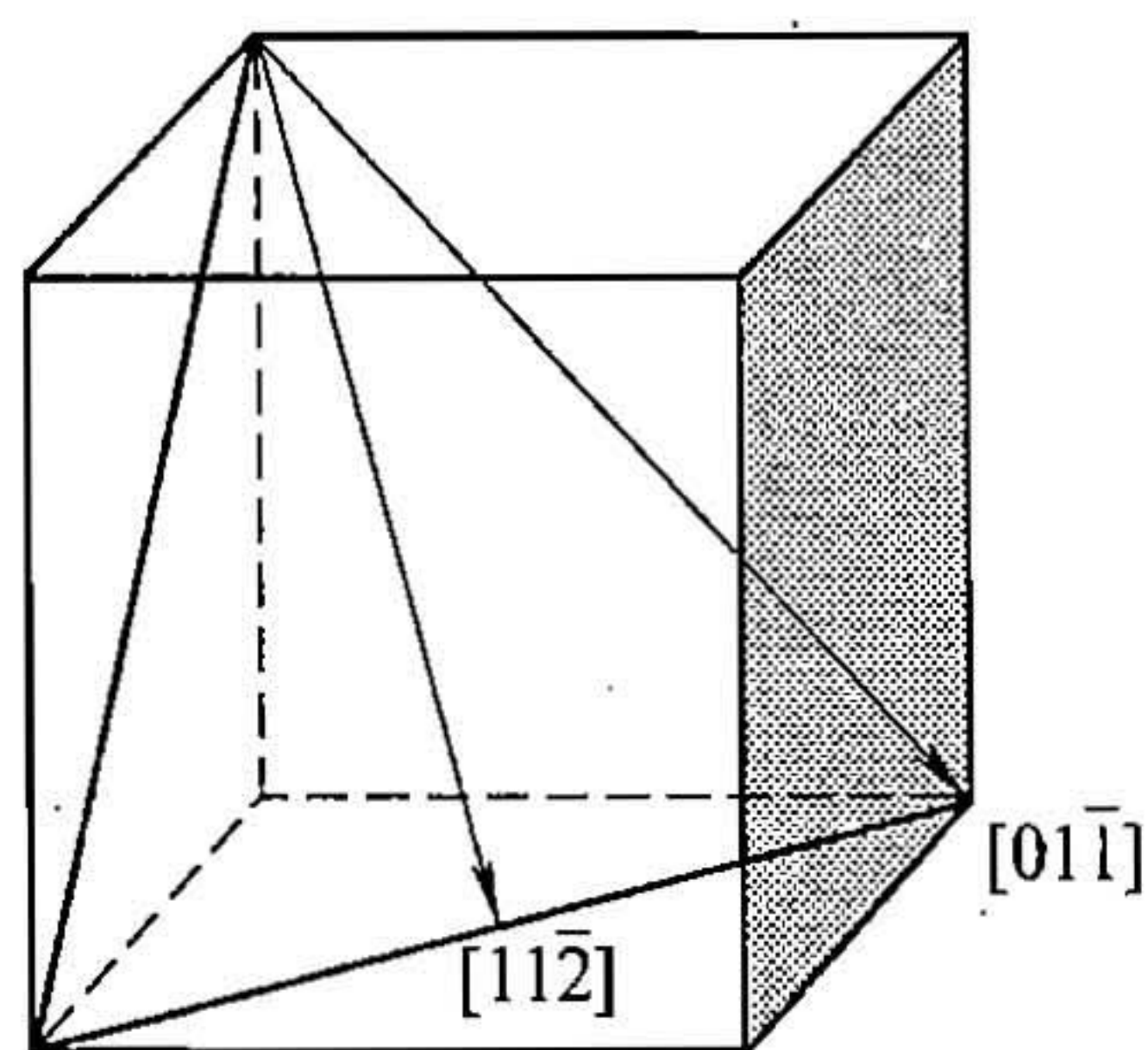


图 29-1 第二题第 4 小题解答图

三、

1.

晶界结构特征: 原子排列比较混乱, 含有大量缺陷。

晶界能量特征: 原子的能量较晶粒内部高, 活动能力强。

晶界特征:

(1) 晶界——畸变——晶界能——向低能量状态转化——晶粒长大、晶界变直——晶界面积减小。

(2) 阻碍位错运动—— $\sigma_b$  提高——细晶强化。

(3) 位错、空位等缺陷多——晶界扩散速度高。

(4) 晶界能量高、结构复杂——容易满足固态相变的条件——固态相变首先发生地。

(5) 化学稳定性差——晶界容易受腐蚀。

(6) 微量元素、杂质富集。

2.

(1) 组织结构: ①形成纤维组织, 晶粒沿变形方向被拉长; ②形成位错胞;



③晶粒转动形成变形织构。

(2) 力学性能：位错密度增大，位错相互缠绕，运动阻力增大，造成加工硬化。

(3) 物理化学性能：其变化复杂，主要对导电、导热、化学活性、化学电位等有影响。

(4) 体系能量，包括两部分：①因冷变形产生大量缺陷引起点阵畸变，使畸变能增大；②因晶粒间变形不均匀和工件各部分变形不均匀引起的微观内应力和宏观内应力。这两部分统称为存储能，其中前者为主要的。

冷变形后引起的组织性能变化为合金随后的回复、再结晶作了组织和能量上的准备。