

# 西南交通大学 2009 年硕士研究生招生 入学考试试卷

试题代码：887

试题名称：材料科学基础

考试时间：2009 年 1 月

## 标准答案

一、

1. 珠光体相变：Fe-C 合金奥氏体在冷却过程中，在共析转变温度以下同时转变为铁素体和渗碳体的共析组织的相变。

2. 中间相：两个纯组元形成与其结构不同的化合物，其组成介于两个纯组元之间的相。

3. 固溶强化：固溶体中溶质原子的存在导致溶剂的晶格产生畸变，从而阻碍位错运动，提高其强度。

4. 配位数：晶格中任一晶格结点原子周围最近邻的原子数目。

5. 扩展位错：一个全位错分解为两个不全位错和它们之间的层错，这一位错组态称为扩展位错。

6. 共晶转变：二元合金中一个液相在恒定温度下同时转变为两个不同固相的转变。

7. 上坡扩散：原子从低浓度向高浓度处的扩散，扩散的驱动力是化学位梯度。

8. 铝合金的时效：铝合金在经过高温固溶处理后，迅速冷却形成过饱和固溶体，并在随后的加热保温过程中析出亚稳相的过程。

9. 再结晶：经过塑性变形的金属，在重新加热过程中，当温度高于再结晶温度后，形成低缺陷密度的新晶粒，使其强度等性能恢复到变形前的水平，但其相结构不变的过程。

10. 一级相变：相变前后新旧两相的自由焓相等，但其熵偏导数不相等的相变。

二、

1.

(1) Hall-Petch (霍尔-佩奇) 公式

表示屈服强度与晶粒尺寸之间的关系。

$$\sigma_s = \sigma_0 + K \cdot d^{-\frac{1}{2}}$$

式中， $\sigma_0$  (MPa)、 $K$  ( $\text{MPa} \cdot \text{m}^{\frac{1}{2}}$ ) 为常数； $d$  为晶粒直径 (m)； $\sigma_s$  为屈服强度 (MPa)。

## (2) 晶界偏聚公式

$$C_{gb} = C_0 \cdot \exp\left(\frac{-\Delta E}{kT}\right) = C_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

式中,  $C_{gb}$ 、 $C_0$  分别为晶界浓度和晶粒中心浓度, 两者同单位即可, 可以使用质量百分浓度或体积浓度;  $\Delta E$  为交互作用能 (eV);  $Q$  为 mole 交互作用能 (J); 由于偏聚引起晶界能的变化;  $R$  为气体常数 (J/K);  $k$  为玻尔兹曼常数 (eV/K);  $T$  为绝对温度 (K)。

## (3) 菲克第二定律 (一维)

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

式中,  $C$  为浓度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $D$  为扩散系数 ( $\text{cm}^2/\text{s}$ );  $t$  为时间 (s);  $x$  为距离 (cm)。

三、

1. 如图 6-2 所示。

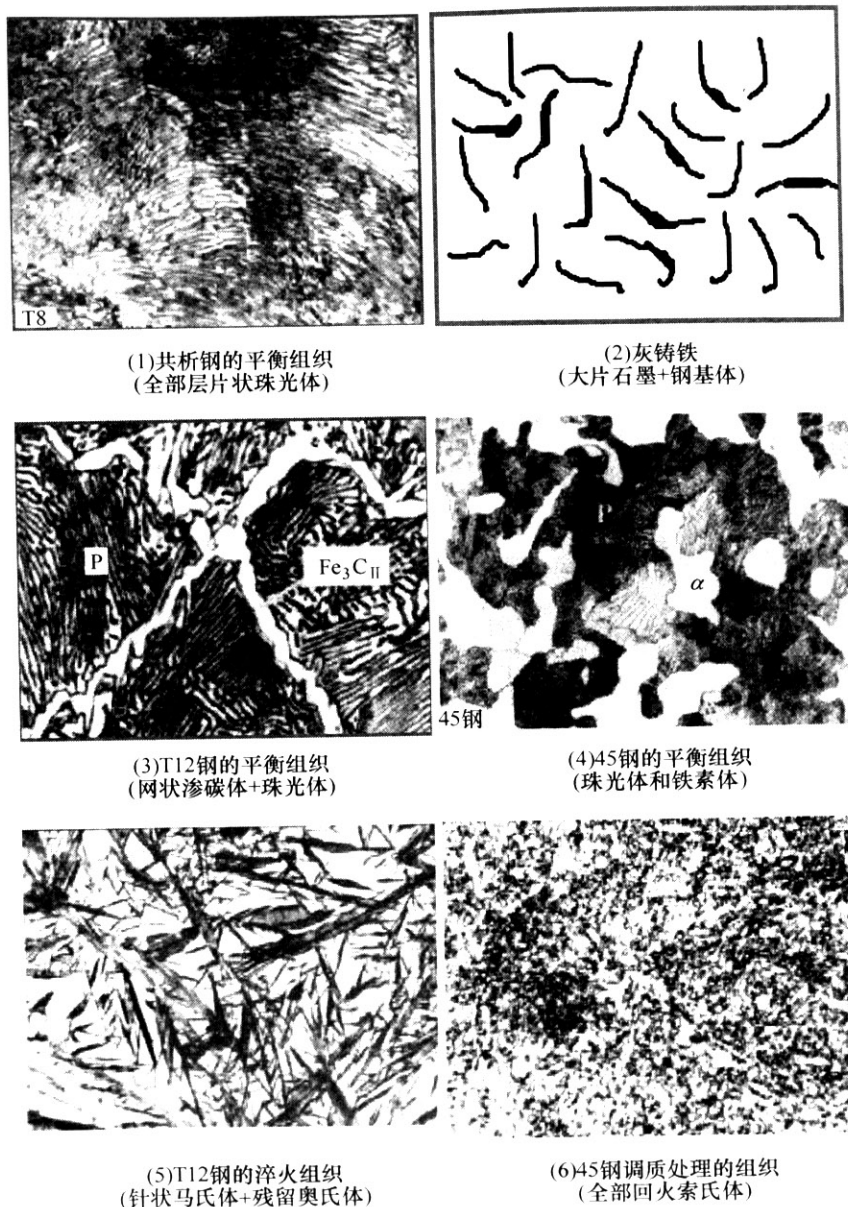


图 6-2 第三题第 1 小题解答图

2. 纯螺型位错：柏氏矢量与位错线方向平行，与位错线运动方向垂直，与晶体滑移方向平行；纯刃型位错：柏氏矢量与位错线方向垂直，与位错线运动方向平行，与晶体滑移方向平行。

3. 如图 6-3 所示。

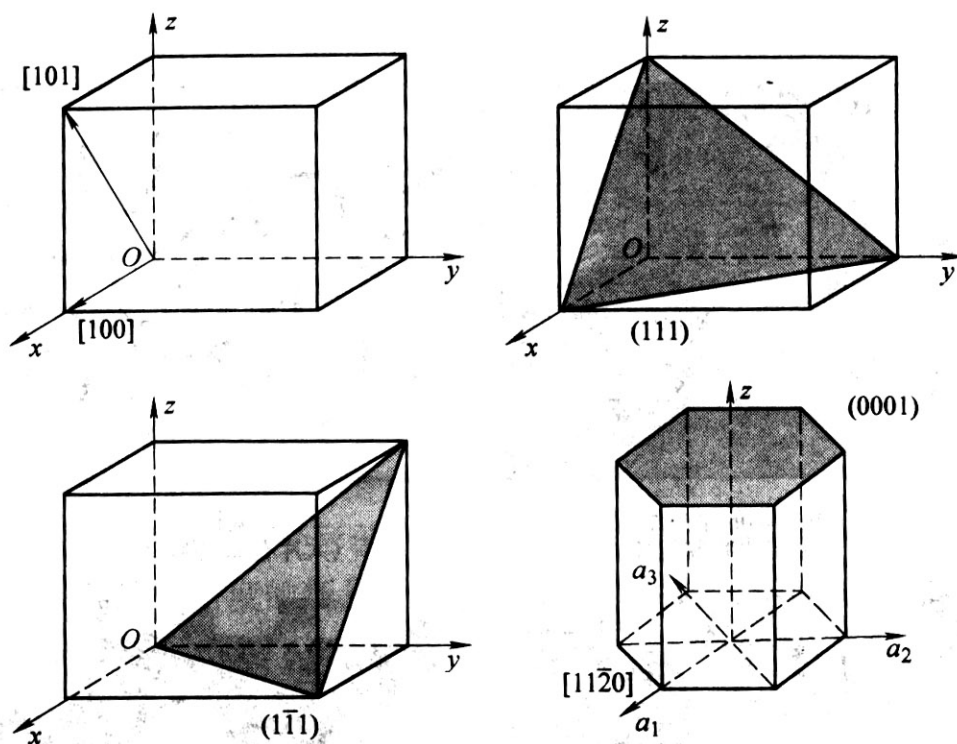


图 6-3 第三题第 3 小题解答图

4. 当过冷液体中出现一个晶胚时，总的自由能变化  $\Delta G$  应为

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \sigma \quad (6-1)$$

令  $\frac{d\Delta G}{dr} = 0$ ，可求得

$$r^* = -\frac{2\sigma}{\Delta G_v} \quad (6-2)$$

将式 (6-2) 代入式 (6-1) 可得  $\Delta G^* = \frac{16\pi\sigma^3}{3(\Delta G_v)^2}$

由于  $A^* = 4\pi (r^*)^2 = \frac{16\pi\sigma^2}{(\Delta G_v)^2}$

所以  $\Delta G^* = \frac{1}{3}A^* \sigma$

5. 经过塑性变形的金属在加热过程中将依次发生回复和再结晶过程，在温度低于再结晶温度时，主要发生点缺陷的浓度的降低，内应力的消除，位错组态的改变，光学显微组织没有变化；此时，强度、硬度、塑性等力学性能基本不变，但电阻下降明显。达到或超过再结晶温度后，将在原来变形晶粒内形成低缺陷密度的新晶粒，晶粒基本呈等轴状，此时，强度等力学性能和物理性能迅速恢

复到变形前的水平。

6.

(1) 反应前:  $b_1^2 = a^2/2$

反应后:  $b_2^2 + b_3^2 = 3a^2/9 + 6a^2/36 = a^2/2$

$b_1^2 = b_2^2 + b_3^2$ , 且  $b_1 = b_2 + b_3$

虽然反应前后柏氏矢量总和相等, 但由于反应前后位错能量相等, 从一个全位错分解为两个不全位错, 另有层错能的增加, 因此该位错反应不能进行。

(2) 反应后:  $b_1^2 = a^2/2$

反应前:  $b_2^2 + b_3^2 = 6a^2/36 + 6a^2/36 = a^2/3$

$b_1^2 > b_2^2 + b_3^2$ , 且  $b_1 = b_2 + b_3$

虽然反应前后柏氏矢量总和相等, 但由于反应前位错能量低于反应后位错能量, 因此该位错反应不能进行。

7. 马氏体相变的基本特征表现为 (主要为前两点):

(1) 无扩散性。马氏体相变时无需原子的扩散, 没有原子的混合与再混合过程。新相 M 与母相 A 的化学成分完全相同。

(2) 切变性, 具体体现为:

①相变的协调一致性:  $A \rightarrow M$  (FCC  $\rightarrow$  BCC)。通过原子的整体协调运动 (切变), 晶体结构从 FCC 变成 BCC。原子的移动距离小于原子间距。

②表面浮凸效应。在经过抛光的表面, 若发生马氏体转变, 在切变时, 将产生表面浮凸效应。这是由于点阵形变在转变区域中产生形状改变。

③惯习面。M 总是在母相的特定晶面上析出, 伴随着 M 相变的切变, 一般与此晶面平行, 此晶面为基体与 M 相所共有, 称为惯习面。

④新相与母相之间存在确定晶体学位向关系。两种著名的取向关系 (钢的 M 转变), 即 K-S 关系和西山关系。实际材料的马氏体转变, 一般与上述关系存在几度的偏差。

(3) 马氏体相变时伴随有点阵畸变。

(4) 马氏体转变存在开始温度  $M_s$  和终了温度  $M_f$  (或  $M_z$ )

四、

1. 要点:

(1) 形式: 固溶强化、加工硬化、细晶强化、弥散强化等。

(2) 举例说明: 碳在铁素体中形成固溶体, 造成固溶强化; 纯铝板经过反复加工后硬度上升, 冷拔钢丝强度明显提高; 变质处理可以细化铸造铝合金的强度, 主要是由于晶粒细化所致; 粒状珠光体中的碳化物起到的就是弥散强化效果, 另外, 回火马氏体中细小弥散分布的碳化物有很好的强化效果等。

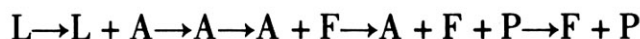
(3) 位错理论解释: 要从各种强化因素对位错运动的阻碍作用进行阐述,

提高材料强度。例如，无论是代位原子或是填隙原子，在条件合适的情况下，都可能发生原子偏聚而形成气团。对代位点阵来说，当溶质原子比溶剂原子的直径大时，溶质原子有富集在刃型位错受胀区的趋向；反之，富集于受压区。填隙原子则总是向受胀区富集。这种靠扩散在位错附近富集的现象，称为柯氏气团 (Cottrell atmosphere)。柯氏气团对位错有钉扎作用，可提高位错运动阻力，从而使强度提高。

2.

(1) 如图 6-4a 所示。

(2) 如图 6-4b 所示。



50 钢在液态到室温的冷却过程中将发生以下转变：匀晶转变  $L \rightarrow L + A$ ，并全部转变为 A，然后发生同素异晶转变  $A \rightarrow F + A$ ，在  $727^{\circ}\text{C}$  发生共析转变  $A \rightarrow P$  ( $F + C_m$ )。

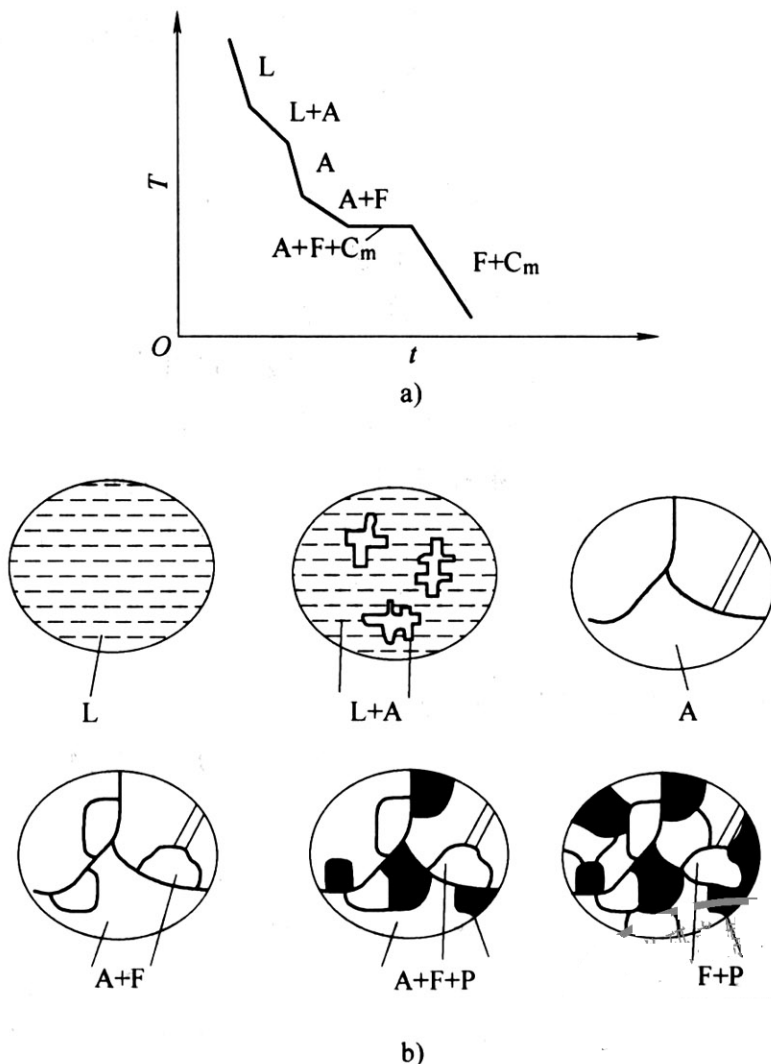


图 6-4 第四题第 2 小题解答图

a) 50 钢的平衡冷却曲线 b) 50 钢平衡冷却时的组织转变过程

(3) 珠光体：含碳量  $w_c = 0.77\%$ 。

铁素体：  $w_c = 0.0218\%$  或  $w_c \leq 0.0218\%$ 。

$$(4) w_p = \frac{0.50 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 63.91\%$$

$$w_F = 1 - w_p = 36.09\%$$

3.

(1) 马氏体 + 残留奥氏体，  $M + A'$ 。

(2) 马氏体 + 下贝氏体 + 残留奥氏体，  $M + B_F + A'$ 。

(3) 索氏体 + 马氏体 + 残留奥氏体，  $S + M + A'$ 。

(4) 索氏体或珠光体，  $S$ 。

(5) 下贝氏体，  $B_F$ 。

(6) 珠光体，  $P$ 。