

试题代码: 887

西南交通大学2008年硕士研究生招生入学考试

试题名称: 材料科学基础

考试时间: 2008年1月

标准答案

一、

1. 弥散强化 (或沉淀强化): 过饱和固溶体随温度下降或在长时间保温过程中 (时效) 发生脱溶分解。时效过程往往是很复杂的, 如铝合金在时效过程中先产生 GP 区, 继而析出过渡相 (θ'' 及 θ'), 最后形成热力学稳定的平衡相 (θ)。细小的沉淀物分散于基体之中, 阻碍着位错运动而产生强化作用, 这就是“沉淀强化”或“时效强化”。为了提高金属, 特别是粉末冶金材料的强度, 往往人为地加入一些坚硬的细质点, 弥散于基体中, 称为弥散强化。

2. 再结晶退火: 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。

3. 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。

4. 晶体: 原子、分子或离子按照一定的规律周期性排列组成的固体。

5. 一级相变: 相变前后新旧两相的自由焓相等, 但其一阶偏导数不等的相变。

二、

1. 如图 5-3 所示。

2. 如图 5-4 所示。

三、

1.

(1) Hall-Petch 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, σ_0 (MPa)、 K (MPa \cdot m $^{\frac{1}{2}}$) 为常数; d 为晶粒直径 (m), σ_s 为屈服强度 (MPa)。

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

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

2. 晶胚为球形 半径为 r 则

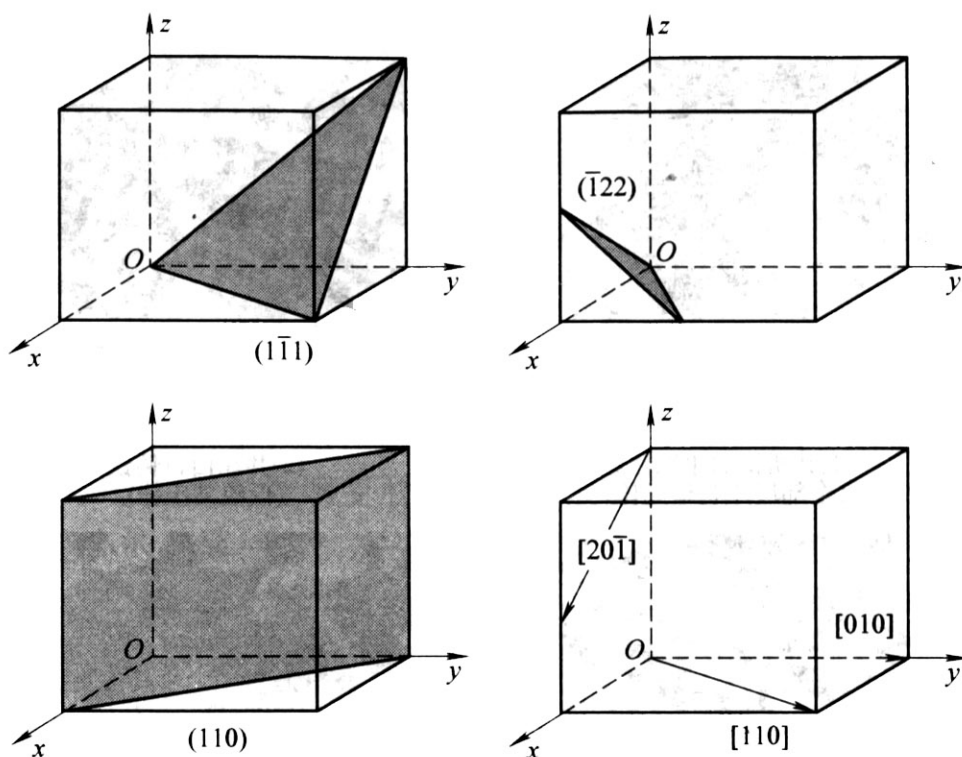


图 5-3 第二题第 1 小题解答图

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad A = 4\pi r^2$$

当过冷液体中出现一个晶胚时，总的自由能变化 ΔG 应为

$$\Delta G = V\Delta G_V + A\Delta G_A$$

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_V + 4\pi r^2 \Delta G_A \quad (5-1)$$

令 $\frac{d\Delta G}{dr} = 0$ ，可求得 $r^* = -\frac{2\Delta G_A}{\Delta G_V}$

将 r^* 代入式 (5-1) 可求得

$$\Delta G^* = \frac{16\pi\Delta G_A^3}{3(\Delta G_V)^2}$$

3.

合金成分为 X_0 (O 点)，当合金处于温度 T_1 时，正处在两相区中，因此两相的成分应该由相界线确定，即液相的成分为 X_L (b 点)，固相的成分为 X_a (a 点)，若形成固相的质量分数为 w_a ，则液相的质量分数为 w_L 。

则有

$$w_a + w_L = w_0 = 1$$

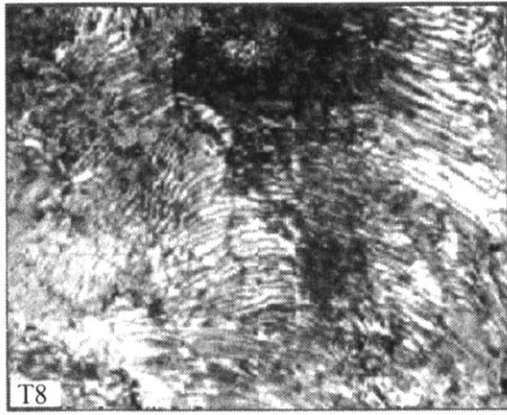
因此

$$w_a X_a + w_L X_L = w_0 X_0 = X_0 \quad (5-2)$$

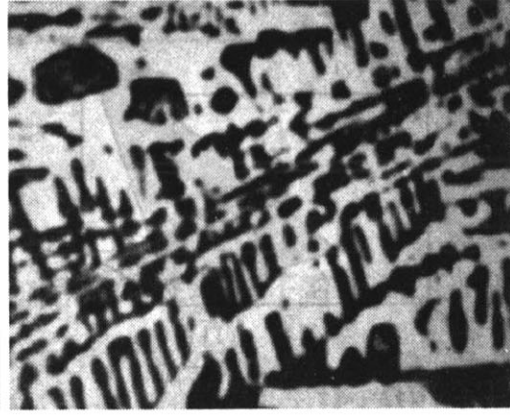
$$w_a + w_L = 1, \quad w_a = 1 - w_L \quad (5-3)$$

将式 (5-3) 代入式 (5-2) 中，得到

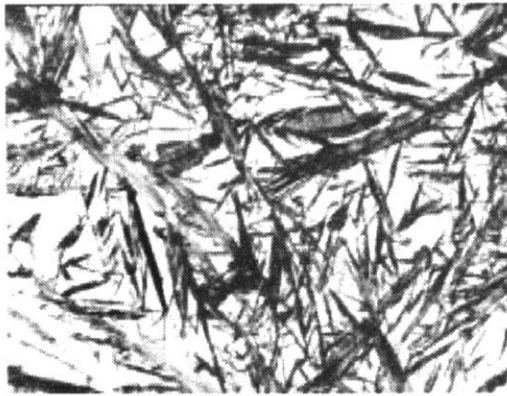
$$(1 - w_L) X_a + w_L X_L = X_0$$



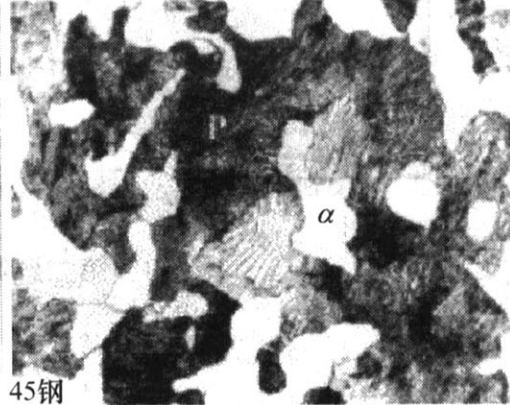
(1)共析钢的平衡组织
(全部层片状珠光体)



(2)共晶白口铸铁
(低温莱氏体)

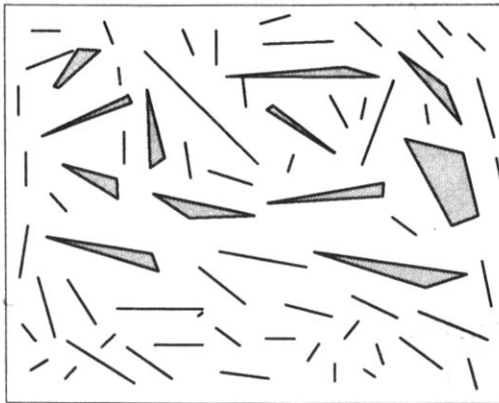


(3)T12钢的完全奥氏体化后的淬火组织(针状马氏体+残留奥氏体)

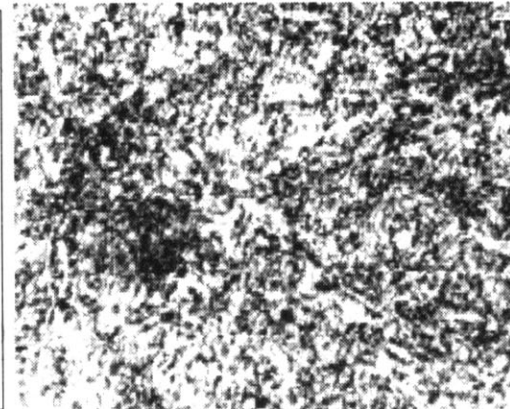


45钢

(4)45钢的平衡组织
(珠光体和铁素体)



(5)铝硅共晶组织
(针片状共晶组织)



(6)45钢调质处理的组织
(全部回火索氏体)

图 5-4 第二题第 2 小题解答图

$$(X_L - X_a) w_L = X_0 - X_a$$

$$\text{因此 } Q_L = \frac{w_L}{w_0} = \frac{X_0 - X_a}{X_L - X_a} \times 100\% ;$$

$$\text{同理可得 } Q_a = \frac{w_a}{w_0} = \frac{X_L - X_0}{X_L - X_a} \times 100\%$$

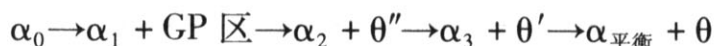
四、

1. 低碳钢的屈服是由于低碳钢中的碳是间隙原子，它与铁素体中的位错交互作用形成溶质原子气团，即所谓的柯氏气团。该气团对位错有钉扎作用，只有在较大的应力作用下，位错才能脱离溶质原子的钉扎，表现为应力-应变曲线上的上屈服点。而一旦位错脱钉，继续滑移，就不需要那么大应力了，表现为应力-应变曲线上的下屈服点和水平台阶。当继续变形时，由于位错数量的大大增加，导致应力又出现升高的现象，称为加工硬化现象。这是由于冷变形金属在塑性变形过程中形成大量位错，这些位错部分成为不可动位错，从而导致其对可动位错的阻力增大，引起材料继续变形困难，形成加工硬化或形变强化。

2. 对层错能高的金属而言，在变形过程中，全位错不易分解，在遇到阻碍时，可以通过交滑移继续运动，直到与其他位错相遇形成缠结；而层错能低的金属，由于其全位错易于分解为两个不全位错加层错的组态，难以交滑移，位错组态的运动性差。

对于螺型位错，通过交滑移，当同一滑移面上的两个异号（左、右）螺型位错相遇时，可以相互抵消，从而降低位错增殖速率。对于层错能低的金属，位错难以发生交滑移，因此变形过程中位错增殖速率大，加工硬化速率增大。

3. 铝合金淬火后得到过饱和固溶体，之后加热保温，固溶体内会依次析出 GP 区、 θ'' 、 θ' 、 θ 相。GP 区的形成会使材料的硬度增加（第一个时效峰），长时间时效，GP 区溶解，硬度下降。 θ'' 的形成使得硬度继续增加（第二个时效峰）。当 θ'' 全部溶解转化为 θ' 和 θ' 转化为 θ 后，硬度开始下降。



其中， $\alpha_{\text{平衡}}$ 、 θ 为平衡相；GP 区、 θ'' 、 θ' 为亚稳相。

4. 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

(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)。

五、

1. (1) 如图 5-5a 所示。

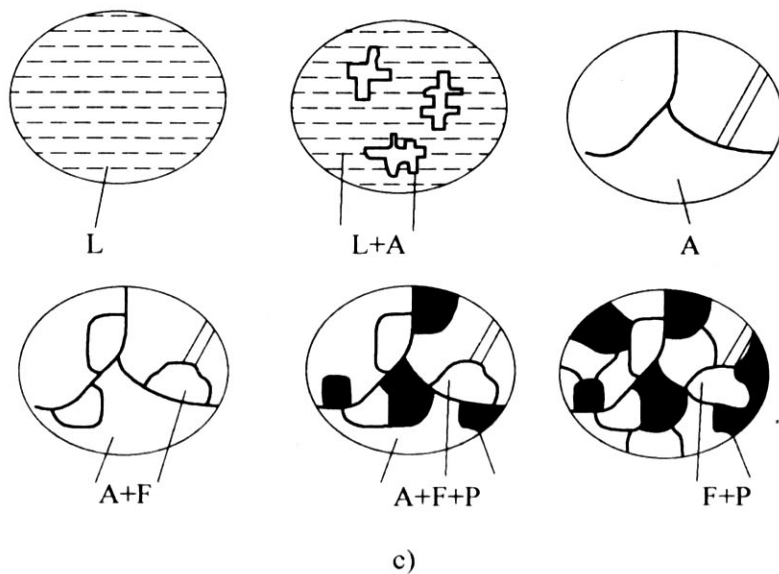
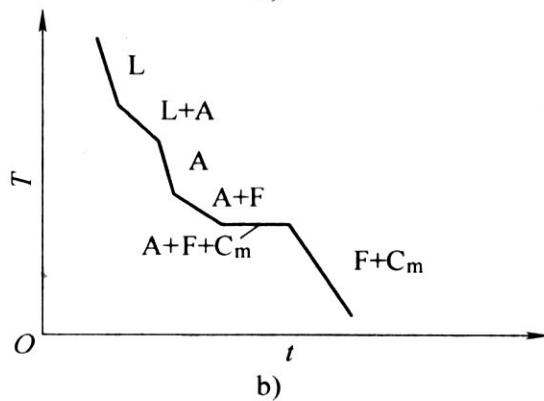
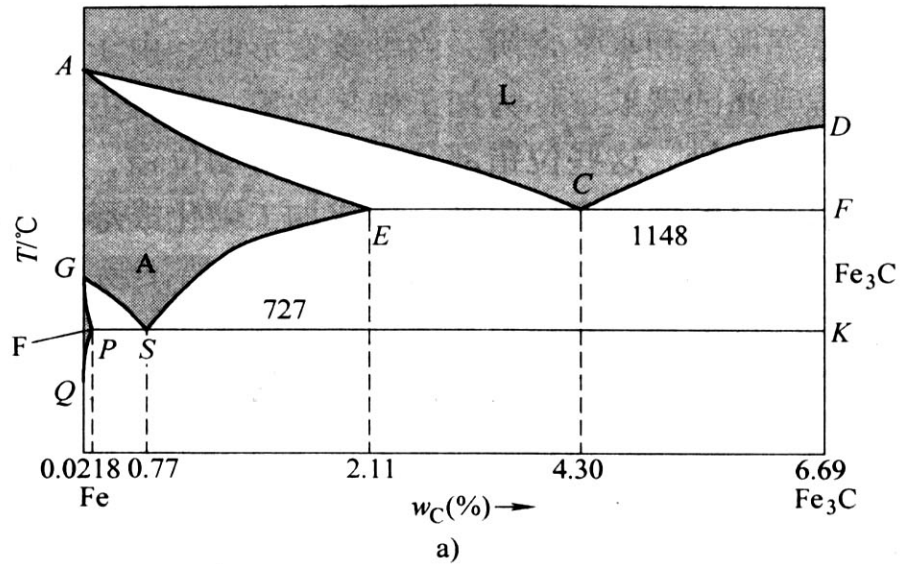
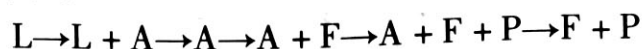


图 5-5 第五题第 1 小题解答图

a) Fe - Fe₃C 相图 b) 35 钢的平衡冷却曲线 c) 35 钢平衡冷却时的组织转变过程

(2) 如图 5-5b 所示。

(3) 如图 5-5c 所示。



35 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°C 发生共析转变 $A \rightarrow P (F + C_m)$ 。

(4) 室温下 35 钢的组织为：铁素体 F ($w_c = 0.0218\%$) + 珠光体 P ($F + \text{Fe}_3\text{C}$) ($w_c = 0.77\%$)。

根据杠杆定律计算可得

$$Q_\alpha = \frac{0.77 - 0.35}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 56.13\%$$

$$Q_P = \frac{0.35 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 43.87\%$$

2.

(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。

硬度从高到低的排序为：(1) - (2) - (5) - (3) - (4) - (6)。