

试题代码: 487

西南交通大学2007年硕士研究生招生考试

试题名称: 材料科学基础

考试时间: 2007年1月

考研考博资料网络直售

标准答案

一、

1. (1) $\{111\}$; (2) $\langle \bar{1}10 \rangle$; (3) $\{110\}$; (4) $\langle \bar{1}11 \rangle$; (5) (0001); (6) $\langle 11\bar{2}0 \rangle$

2. (7) 更高 (8) 更好 (9) 细晶 (10) 增大冷却速度 (11) 加形核剂, 搅拌或振动

3. (12) α ; (13) 间隙; (14) 更高; (15) 更低; (16) 固溶

4. (17) 垂直; (18) 平行; (19) 垂直; (20) 平行; (21) 垂直; (22) 垂直

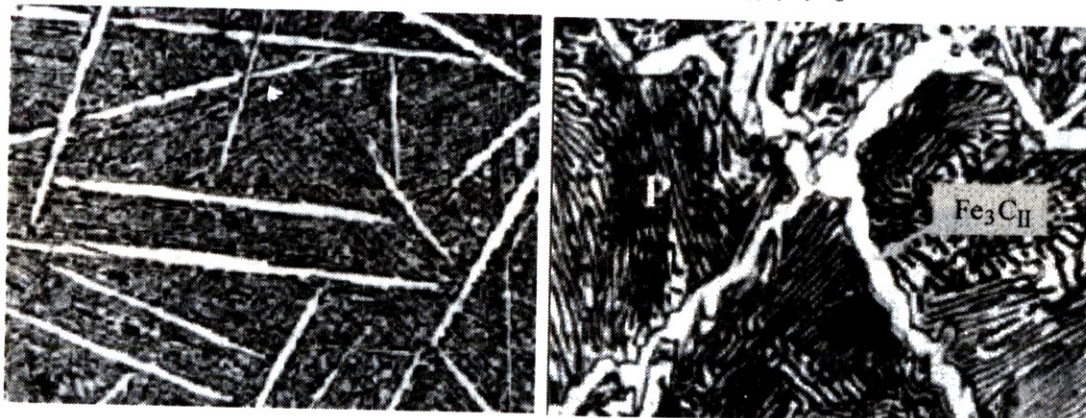
5. (23) 升高; (24) 下降; (25) 形变; (26) 加工硬化; (27) 再结晶; (28) 塑性和韧性; (29) 去应力; (30) 残余内应力

二、

1. 如图 4-3 所示。

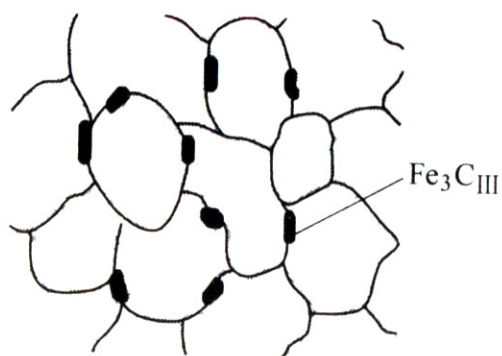
一次渗碳体是从液相中直接析出的, 只有在含碳量 $w_c > 4.30\%$ 的铁碳合金 (白口铸铁) 中才能见到。其形貌是大块的板条 (过共晶白口铸铁中), 如图 4-3a 中白色条状组织所示。

二次渗碳体是过共析钢退火平衡组织, 是从奥氏体中析出的, 一般分布在原奥氏体晶界, 呈网状, 又称网状渗碳体, 如图 4-3b 所示。



a)

b)



c)



d)

图 4-3 第二题第 1 小题解答图

- a) 条状 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{I}}$ b) 网状 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 和 P 中的层状渗碳体
c) 铁素体晶界上的 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ d) 共晶渗碳体 (白色区域)

三次渗碳体是从铁素体中析出的，分布在铁素体晶界上，由于量较少，呈现断续蛇状分布。一般只在工业纯铁中可以看到，如图 4-3c 所示。

珠光体中的渗碳体叫做共析渗碳体，呈现为层片状形态，如图 4-3b 所示。

共晶莱氏体组织中的渗碳体叫做共晶渗碳体，是共晶组织的基体，呈现连续分布，如图 4-3d 所示。

2. 如图 4-4 所示。

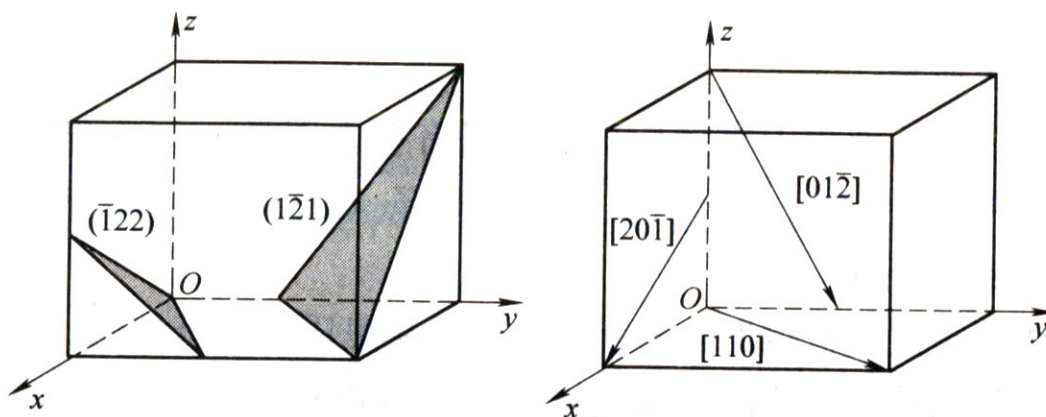


图 4-4 第二题第 2 小题解答图

3. 如图 4-5 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 ($\text{MPa} \cdot \text{m}^{\frac{1}{2}}$) 为常数; d 为晶粒直径 (m); σ_s 为屈服强度 (MPa)。

(2) 晶界偏聚公式

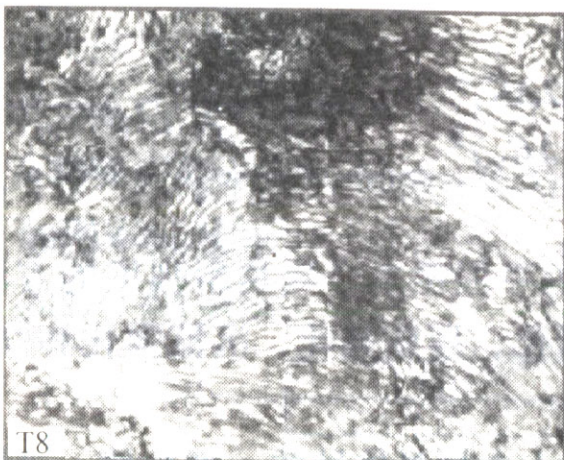
$$C_{gb} = C_0 \cdot \exp\left(\frac{-\Delta E}{kT}\right) = C_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right)$$

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); ΔE 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)。

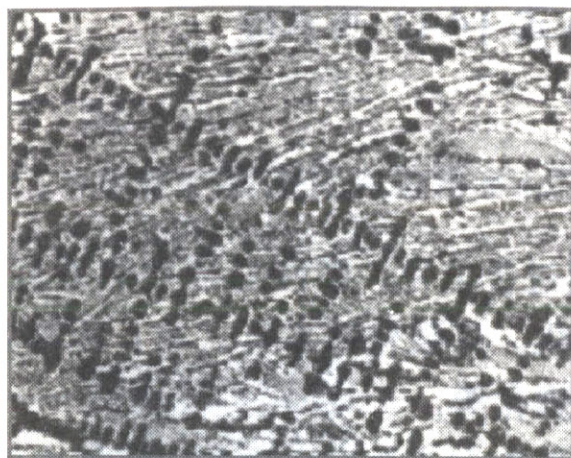
2. 晶胚为正方形, 边长为 a , 则

$$V = a^3 \quad A = 6a^2$$

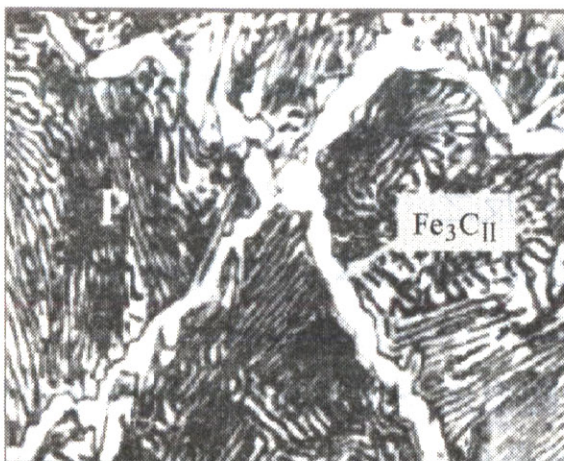
当过冷液体中出现一个晶胚时, 总的自由能变化 ΔG 应为



(1) 共析钢的平衡组织
(全部层片状珠光体)



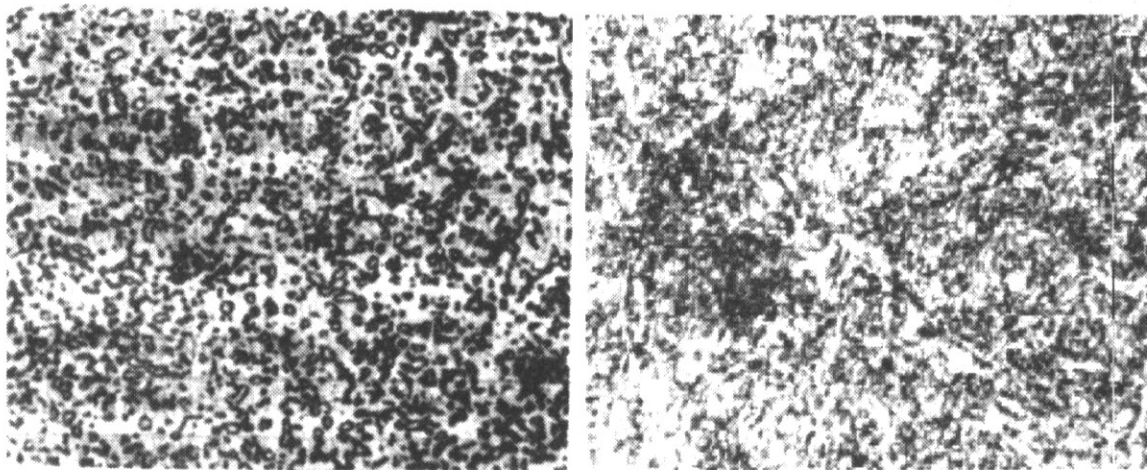
(2) 亚共晶白口铸铁
(低温莱氏体和珠光体(黑色))



(3) T12钢的平衡组织
(网状渗碳体+珠光体)



(4) 20钢的淬火组织
(称板条状马氏体)



(5)粒状珠光体
(由铁素体和粒状碳化物组成)

(6)45钢调质处理的组织
(全部回火索氏体)

图 4-5 第二题第 3 小题解答图

$$\Delta G = a^3 \Delta G_V + 6a^2 \Delta G_A \quad (4-1)$$

令

$$\frac{d\Delta G}{da} = 0$$

可求得

$$a^* = -\frac{4\Delta G_A}{\Delta G_V}$$

将 a^* 代入式 (4-1) 可求得

$$\Delta G^* = \frac{32\Delta G_A^3}{(\Delta G_V)^2}$$

四、

1. 通过合金化、塑性变形和热处理等手段提高金属材料强度的方法，称为材料的强化。其强化基本形式有：固溶强化、形变强化、沉淀强化和弥散强化、细化晶粒强化等。

这些强化方式总的来说是向晶体内引入大量晶体缺陷，如位错、点缺陷、异类原子、晶界、高度弥散的质点或不均匀性（如偏聚）等，这些缺陷阻碍位错运动，也会明显地提高材料强度。

固溶强化：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，从而使强度提高。

沉淀强化和弥散强化：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”。

加工硬化：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. 物质从低浓度区向高浓度区扩散，扩散的结果提高了浓度梯度。例如铝铜合金时效早期形成的富铜偏聚区，以及某些合金固溶体的调幅分解形成的溶质原子富集区等，这种扩散称为“上坡扩散”。上坡扩散的真正驱动力是化学位梯度，而非浓度梯度，虽然扩散导致浓度梯度上升，但化学位梯度却是下降的。据此，形成上坡扩散的热力学条件是

$$\frac{\partial^2 G}{\partial^2 x} < 0$$

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。

五

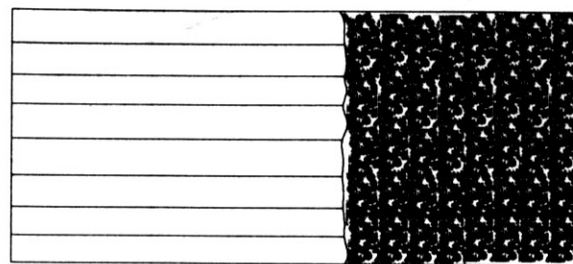
1.

$$(1) C_s = k_0 C_0 (1 - x)^{k_0 - 1}$$

式中， $C_s = 30\%$ ； $k_0 = 30\% / 60\% = 0.5$ ； $C_0 = 40\%$ 。将值代入后得 $x = Z/L = 5/9$ 。

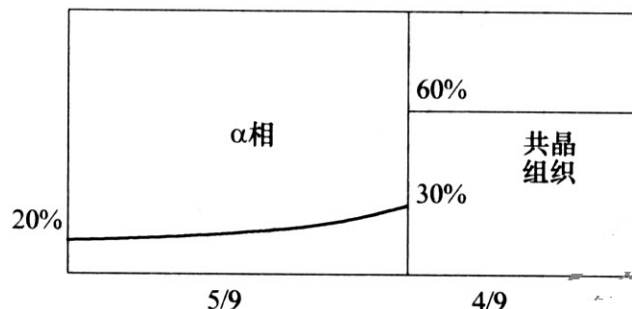
(2) 如图 4-6a 所示。

(3) 如图 4-6b 所示。



柱状 α 相 共晶组织

a)



b)

图 4-6 第五题第 1 小题解答图

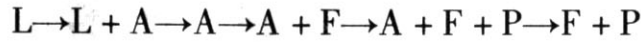
a) 棒的组织示意图 b) 棒中 B 原子的浓度分布曲线

2.

(1) 如图 4-7a 所示。

(2) 如图 4-7b 所示。

(3) 如图 4-7c 所示。

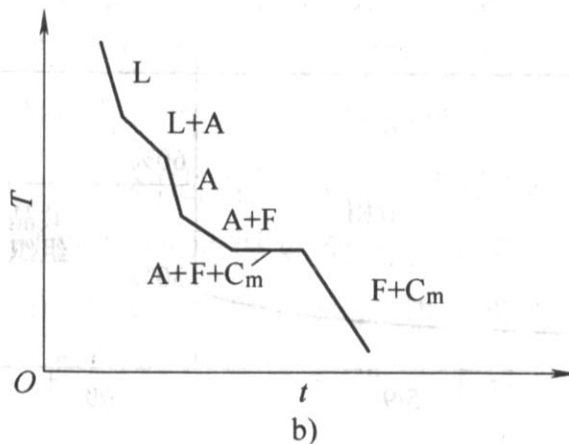
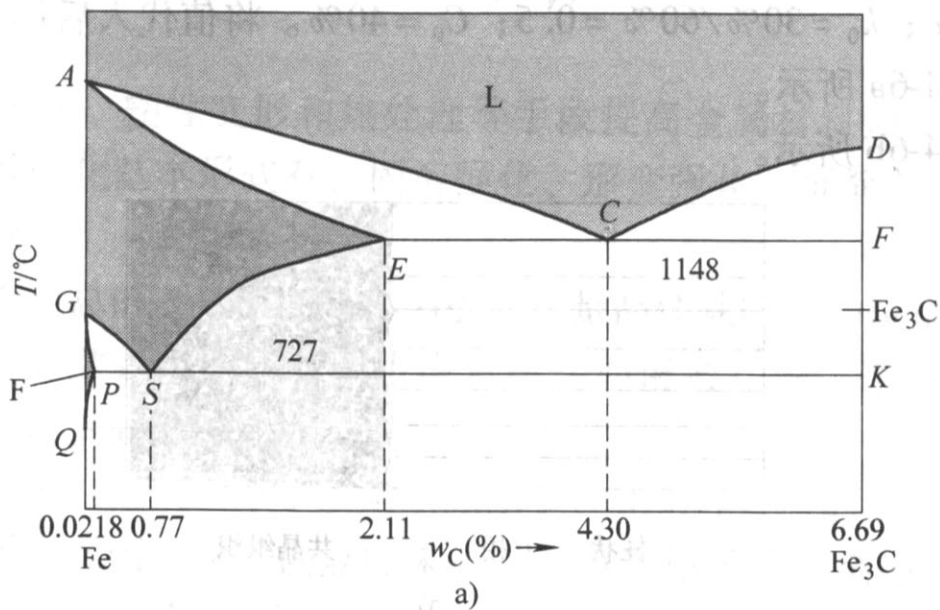


45 钢在液态到室温的冷却过程中将发生以下转变：匀晶转变 $L \rightarrow L + A$ ，并全部转变为 A，然后发生同素异晶转变 $A \rightarrow F + A$ ，在 727°C 发生共析转变 $A \rightarrow P (F + C_m)$ 。

(4) 室温下 45 钢的组织为：铁素体 F ($w_C = 0.0218\%$) + 珠光体 P ($F + Fe_3C$) ($w_C = 0.77\%$)。根据杠杆定律计算，得

$$Q_F = \frac{0.77 - 0.45}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 42.77\%$$

$$Q_P = \frac{0.45 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 57.23\%$$



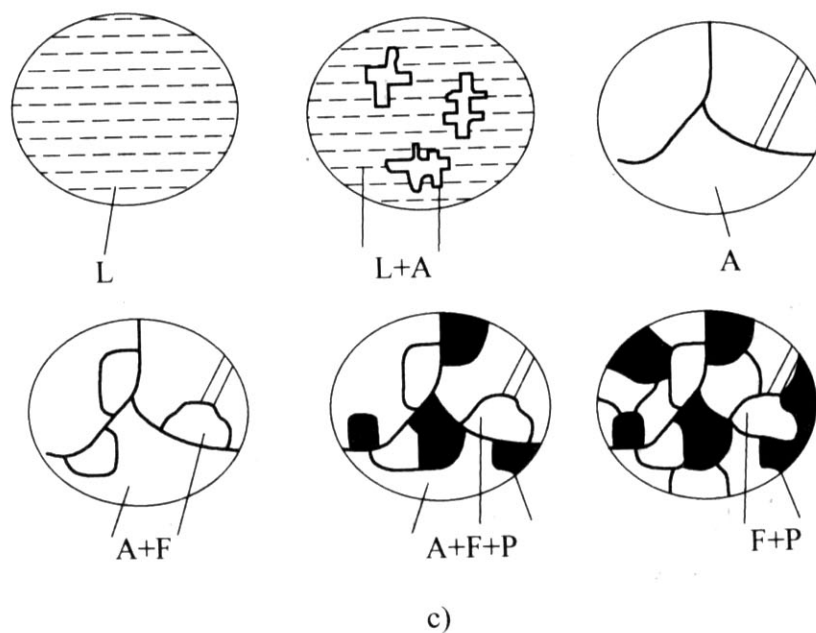


图 4-7 第五题第 2 小题解答图

a) Fe-Fe₃C 相图 b) 45 钢的平衡冷却曲线 c) 45 钢平衡冷却时的组织转变过程

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, $M + B_{\text{下}} + A'$ 。
- (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, $B_{\text{下}}$ 。
- (6) 珠光体, P 。