

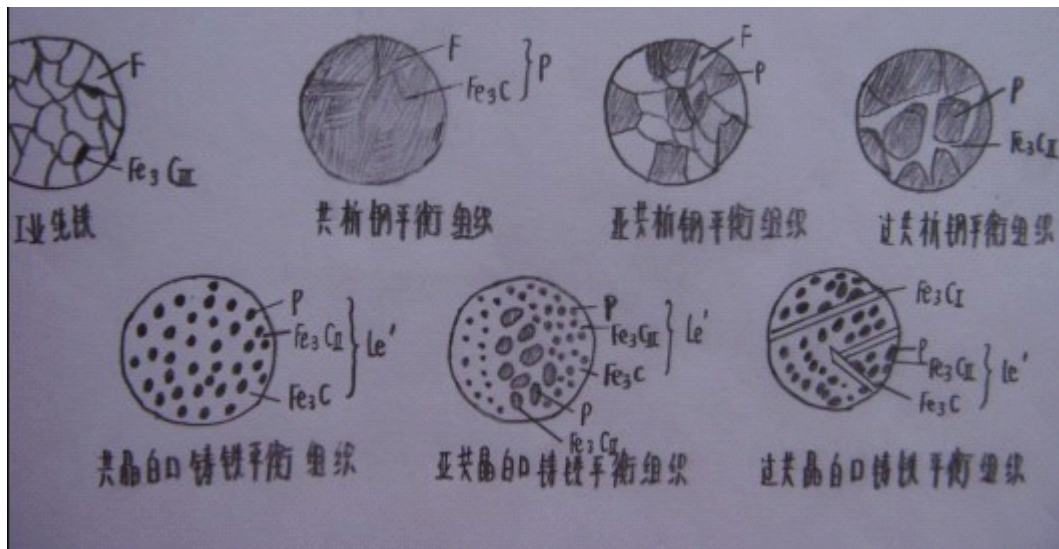
## 西南交通大学 2007 年硕士研究生招生入学考试试题

### 一、(30 分) 填空题 (每空 1 分)

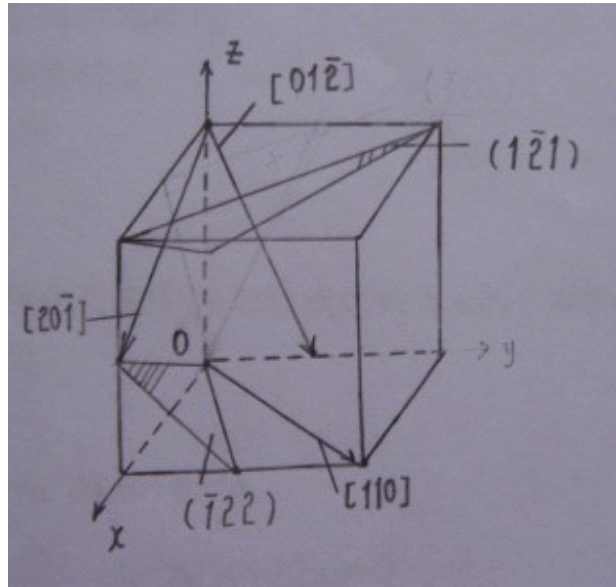
- 1、面心立方晶体的最密排面是 (111)，最密排方向是 [110]；  
体心立方晶体的最密排面是 (110)，最密排方向是 [111]；  
密排六放晶体的最密排面是 (0001)，最密排方向 [11-20]。
- 2、较细的金属比晶粒较粗的同种金属有 更高 的强度和硬度及更好 塑性 和 韧性，这种现象称为 细晶 强化；铸造工艺中细化晶粒的常用方法是 增大冷却速度 和 加形核剂。
- 3、铁素体是碳在  $\alpha$ -Fe 中的 间隙 固溶体，与纯铁相比，其强度和硬度 更高，塑性和韧性 更低，这是由于 固溶 强化的结果。
- 4、对于刃性位错线，其柏氏矢量 垂直 于位错线，其滑移运动方向 平行 于柏氏矢量，其攀移运动方向 垂直 于柏氏矢量；对于螺型位错线，其柏氏矢量 平行 于位错线，其滑移运动方向 垂直 于柏氏矢量，其交滑移运动方向 垂直 于柏氏矢量。
- 5、金属经冷塑性变形后，其强度和硬度 升高，塑性和韧性 下降，这种现象称为 形变强化 或 加工硬化；对于经过预先冷塑性变形的金属，在进一步冷塑性变形前应进行 再结晶退火，以提高其 塑性和韧性；而对于冷加工成形的零构件，成形后应及时进行 去应力退火，以去除 残余内应力，防止零构件在使用中产生变形或开裂。

### 二、(16 分) 画图题

- 1、根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图，铁碳合金中的渗碳体相可能有五种不同的形态，按照形成温度由高到低，依次是：一次渗碳体，共晶渗碳体，二次渗碳体，共析渗碳体和三次渗碳体。请画出含有上述五种渗碳体的铁碳合金的组织示意图（一种合金中可包含一种或多种形态的渗碳体），并表明渗碳体组织的名称。（5 分）

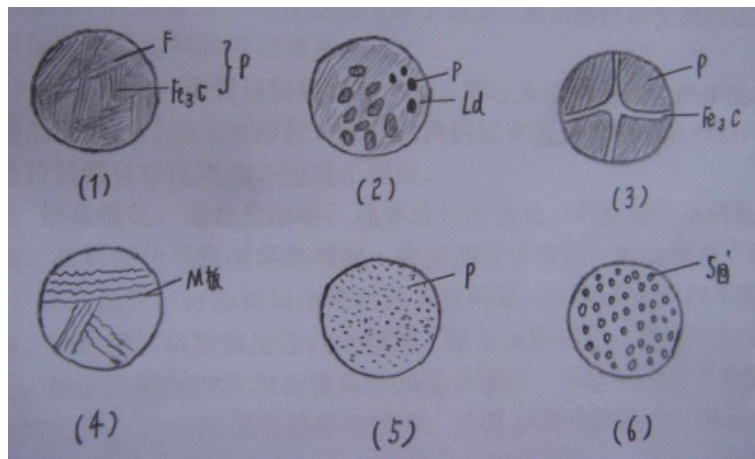


- 2、在立方晶胞内画出  $(1-21)$ 、 $(-122)$  晶面，以及  $[01-2]$ 、 $[110]$ 、 $[20-1]$  晶向。（5 分）



3、画出下列合金及其热处理后的试问组织：（6 分）

- (1) 共析钢的平衡组织
- (2) 亚共晶白口铸铁
- (3) T12 钢的平衡组织
- (4) 20#钢的淬火组织
- (5) 粒状珠光体
- (6) 45#调质处理的组织



### 三、（20 分）公式题

1、给出下列各公式，说明公式中各物理量的含义及单位：（每题 5 分，共 10 分）

- (1) Hall-petch 公式
- (2) 晶界偏聚公式

解：(1)  $\sigma_y = \sigma_i + Kd^{-\frac{1}{2}}$

$\sigma_y$ : 合金的屈服强度

$\sigma_i$ : 与材料有关常数

K: 与材料有关常数

d: 平均晶粒直径

$$(2) C = C_0 \exp\left(\frac{\Delta E}{RT}\right)$$

$C_0$  : 晶内溶质浓度

$\Delta E$ : 畸变能量

T: 温度

2、推导在液相中均匀形成边长为  $a$  的立方体晶核的临界形核功  $\Delta G^*$  和临界尺寸  $a^*$  的表达式。

(10 分)

解:

$$\Delta G = a^3 \Delta G_v + 6a^2 \sigma$$

$$\text{则 } \frac{\partial \Delta G}{\partial a} = 3a^2 \Delta G_v + 12a\sigma = 0$$

$$\therefore a^* = -\frac{4\sigma}{\Delta G_v}$$

$$\therefore \Delta G^* = \frac{-64\sigma^3}{\Delta G_v^2} + 6 \times \frac{16\sigma^3}{\Delta G_v^2} = \frac{32\sigma^3}{\Delta G_v^2}$$

四、简答题 (35 分)

1、举例说明材料的基本强化形式有哪几种，并说明其中三种的强化机制。(15 分)

答：材料的基本强化形式有固溶强化、形变强化(加工硬化)、细晶强化、第二相强化等。

(1) 固溶强化：由于合金元素(杂质)的加入，导致的以金属为基体的合金的强度得到加强的现象。在位错线附近存在溶质原子偏聚，位错的滑移受到约束和钉扎作用，塑性变形难度增加，金属材料的强度增加。

(2) 加工硬化：金属材料经过冷加工，即在室温附近使之产生的塑性变形后，其强度得到加强的现象。冷加工变形使金属材料内的原来近似等轴的晶粒被压挤成长形，位错数增加，导致位错滑移难度增加，提高了强度。

(3) 细晶强化：晶粒愈细小，晶界总长度愈长，对位错滑移的阻碍愈大，材料的屈服强度愈高。晶粒细化导致晶界的增加，位错的滑移受阻，因此提高了材料的强度。

(4) 弥散强化：许多材料由两相或多相构成，如果其中一相为细小的颗粒并弥散分布在材料内，则这种材料的强度往往会增加，称为弥散强化。其作用在于颗粒对位错运动的阻碍和钉扎。如果弥散的颗粒相有较高的强度和硬度，位错运动时不能切过颗粒，则位错线会在两颗粒间弓出，在颗粒周围形成位错环，这需要较大的应力，从而提高了材料的强度。

2、何为上坡扩散，形成上坡扩散的热力学条件是什么？(10 分)

答：上坡扩散：溶质原子从低浓度向高浓度处扩散的过程称为上坡扩散。

$$\text{热力学条件是: } \frac{d^2 G}{dx^2} < 0$$

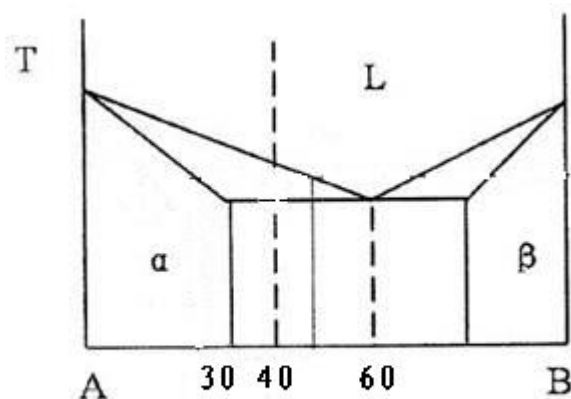
3、请以 Al-4.5wtCu 合金为例，说明时效过程及其性能(硬度)变化。(10 分)

答：Al-4.5wtCu 合金的时效过程是：在 130℃ 时效时，GP 区的形成使合金的硬度上升；长时间时效，GP 区开始溶解，从而硬度下降，但开始形成  $\theta''$ ， $\theta''$  使硬度继续增加；当  $\theta''$

溶解而全部转变为  $\theta'$ ，则硬度开始下降。

### 五、综合分析题（49 分）

A-B 二元合金相图如下所示。在固相不扩散、液相完全混合条件下，水平放置的质量分数  $\omega_B=40\%$  的 A-B 二元合金溶液从左至右定向凝固成长为  $L$  的横截面均匀的合金棒。（20 分）



(1) 计算棒中单相  $\alpha$  固溶体段占棒长的分数  $X$ ；（10 分）

$$\text{附: } C_L = C_0(1-x)^{k_0-1} \quad C_S = k_0 C_0(1-x)^{k_0-1}$$

$X=Z/L$  为已凝固的体积分数， $C_L, C_S, C_0$  分别为液相、固相和合金的成分， $k_0$  为平衡分配系数， $k_0=C_S/C_L$ 。

(2) 画出整根棒的组织示意图；（5 分）

(3) 画出该棒中 B 原子的浓度分布曲线。（5 分）

解：(1) 设棒中单相  $\alpha$  固溶体占棒长的分数为  $\frac{Z}{L}=x$

$$\therefore C_S(Z) = k_0 C_0 \left(1 - \frac{Z}{L}\right)^{k_0-1}$$

$$\therefore k_0 = \frac{30}{60} = \frac{1}{2} \quad C_S = 30\% \quad C_0 = 40\%$$

$$\therefore \frac{C_S}{k_0 C_0} = \left(1 - \frac{Z}{L}\right)^{k_0-1}$$

$$\therefore \frac{Z}{L} = 1 - \left(\frac{C_S}{k_0 C_0}\right)^{\frac{1}{k_0-1}}$$

$$\text{代入数据得 } \frac{Z}{L} = 1 - \left(\frac{30\%}{0.5 \times 40\%}\right)^{-2} = \frac{5}{9}$$

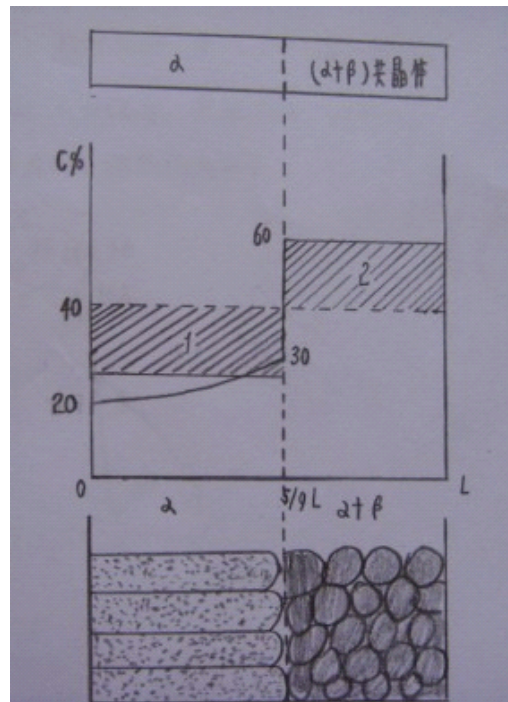
$$\therefore \alpha \text{ 固溶体占棒长的分数 } x \text{ 为 } \frac{5}{9}$$

(2) 棒左端为单相  $\alpha$  固溶体，右端为  $(\alpha + \beta)$  共晶体。在  $Z=0$  处， $C_S = k_0 C_0 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} = 20\%$

$$Z = \frac{5}{9} L \text{ 处,}$$

$C_S = 30\%$ ，此时  $C_L = 60\%$ ，它结晶为平均成分为 60% 的  $(\alpha + \beta)$  共晶体。

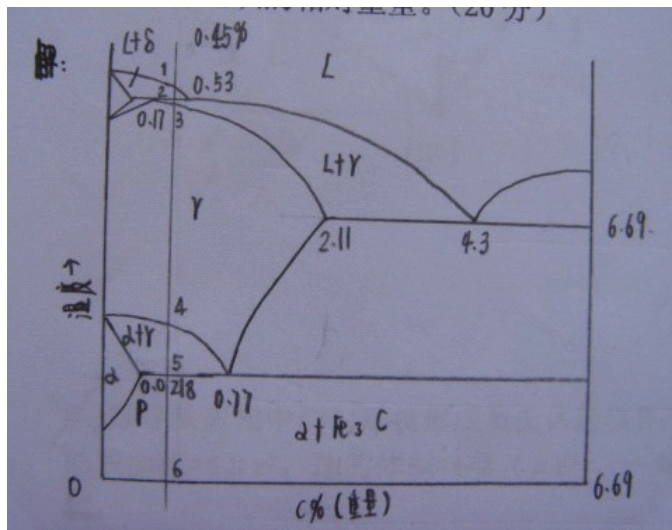
(3)



2、根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图，完成下列工作：(20 分)

- (1) 画出 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图 (可以忽略高温铁素体相变及包晶转变);
- (2) 画出 45#钢 (C%wt=0.45%, 下同) 从高温液态到室温的平衡冷却曲线 (不考虑铁素体的溶解度变化), 并标明相的变化过程;
- (3) 示意画出高温液态到室温的组织转变过程图。
- (4) 说明 45#钢在室温下的平衡组织, 给出每一种组织的成分, 计算各组织的相对重量。

解: (1)



- (2) 45#钢: 0→1: L, L
- 1→2: L→ $\delta$
- 2: L<sub>0.53</sub>+ $\delta$ <sub>0.09</sub>
- 2→2': L<sub>0.53</sub>+ $\delta$ <sub>0.09</sub>→ $\gamma$
- 2': L<sub>0.53</sub>+ $\gamma$



2' → 3: L → γ

3: 得到成分为 0.45%C 的单一 γ 相

3 → 4: 不发生变化, 仍为 γ 相

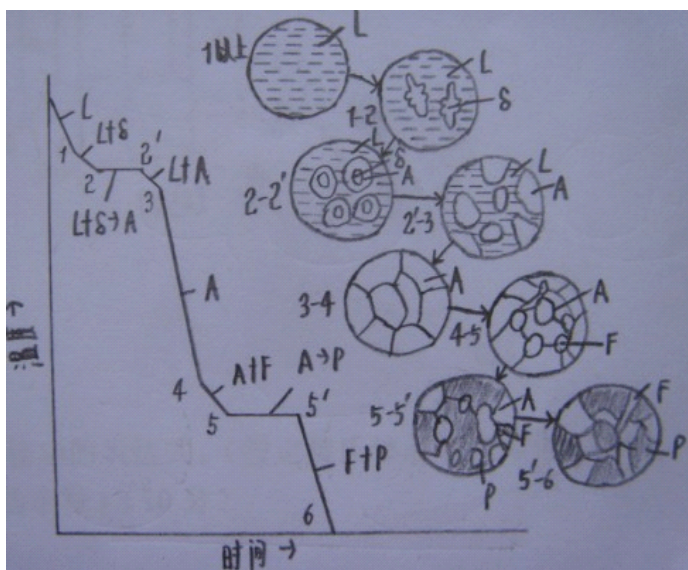
4 → 5: γ → α

5 → 5': 共析反应 γ → (α + Cm) 形成 P

5' → 6: α → Cm II, 其量甚少, 可忽略。

到 6 点时, 组织仍为 F+P

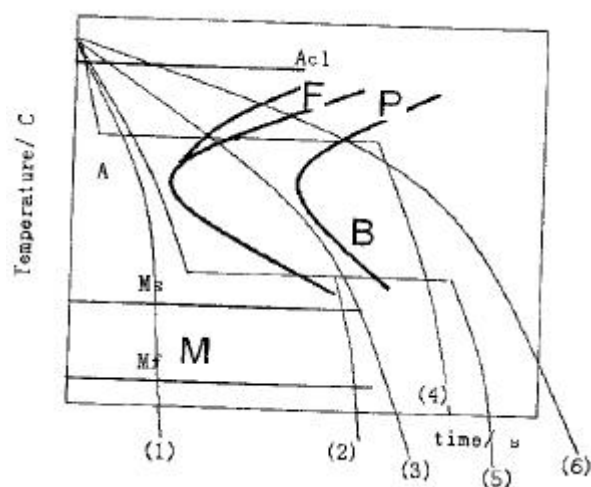
(3)



$$(4) F = \frac{(0.77-0.45) \times 10^{-2}}{0.77 \times 10^{-2} - 0.0218} = 0.416 = 41.5\%$$

$$P = 1 - 0.416 = 0.584 = 58.4\%$$

3、根据共析碳钢的过冷奥氏体转变 C 曲线 (TTT 曲线) (如图所示), 请写出经过图中所示的 6 种不同工艺处理后材料的组织名称。



答：(1)  $M+A'$

(2)  $M+A' +B$  下

(3)  $T+M+A'$

(4)  $S$

(5)  $B$  下

(6)  $F+P$