

# 西南交通大学 2004 年硕士研究生招生入学考试试题

## 一、简答题（每题 4 分，共 32 分）

### 1、共析转变

由一个固相同时析出成分和晶体结构均不相同的两个新固相的过程称为共析转变。

### 2、非均匀形核

新相优先在母相中存在的异质处形核，即依附于液相中的杂质或外来表面形核。

### 3、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。

### 4、调幅分解

脱溶时，新相的形成不经形核长大，而是通过自发的成分涨落，浓度的振幅不断增加，固溶体最终自发地分解成结构相同而成分不同的非均匀固溶体的过程。

### 5、成分过冷

界面前沿液体中的实际温度低于由溶质分布所决定的凝固温度时产生的过冷。

### 6、包晶转变

在二元相图中，组成包晶包晶转变就是已结晶的固相与剩余液相反应形成另一固相的恒温转变。

### 7、不全位错

柏氏矢量不等于点阵矢量整数倍的位错称为不全位错。

### 8、再结晶

冷变形后的金属加热到一定温度之后，在原变形组织中重新产生了无畸变的新晶粒，而性能也发生了明显的变化并恢复到变形前的状态，这个过程称为再结晶。（指出现无畸变的等轴新晶粒逐步取代变形晶粒的过程）

## 二、判断下列说法是否正确，并说明理由。（每题 5 分，共 25 分）

（1）马氏体相变是一种无扩散、切变型的相变。

（2）凝固必须过冷，而熔化无须过热。

（3）实际晶体内部总是存在缺陷。

（4）只有在加热和冷却过程中存在相变的合金，才能通过热处理进行强化。

（5）在立方晶系中，具有相同指数的晶面和晶向相互垂直。

答：（1）正确，马氏体相变时无须原子的扩散，没有原子的混合与再混合过程；马氏体相变的切变性表现在相变协调的一致性、表面浮凸效应、惯析面等方面。

（2）错误，在晶体的熔点  $T_m$  处，既不能完全结晶，也不能完全熔化，要发生结晶体系温度必须降至低于  $T_m$  温度，而发生熔化则必须高于  $T_m$ 。

（3）正确，实际晶体中存在各种晶体缺陷，包括点缺陷、线缺陷、面缺陷等等。

（4）错误，无固态相变或固溶度变化的合金不能进行热处理。

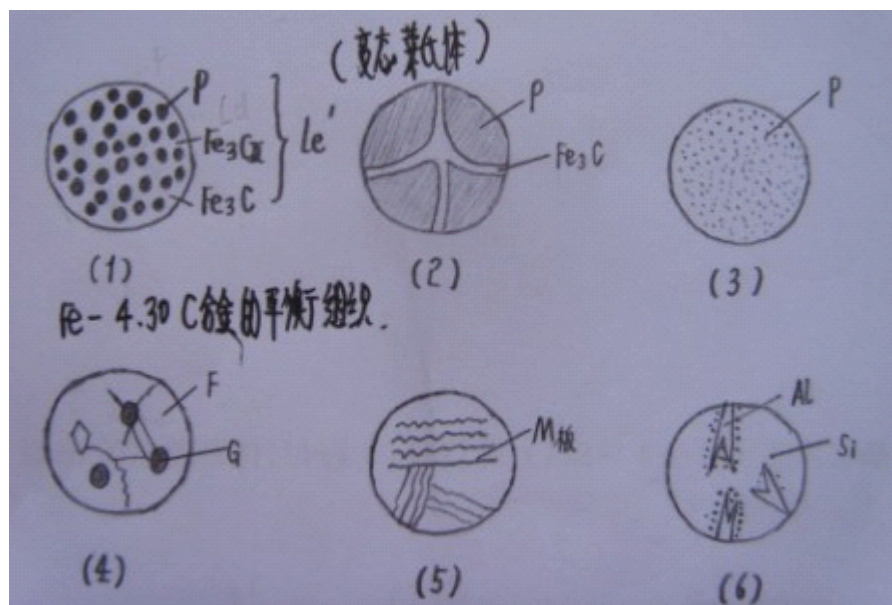
（5）正确，由于立方晶系中  $a=b=c$ ， $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ ，具有相同指数的晶向与晶面的任一矢量的矢量为 0，所以相互垂直。

## 三、简述题（93 分）

### 1、画出下列各种组织：（6 分）

（1）Fe-4.30%C 合金的平衡组织

- (2) T12 钢的平衡组织
- (3) 粒状珠光体
- (4) 球墨铸铁
- (5) 20#钢的淬火组织
- (6) Al-Si 共晶组织

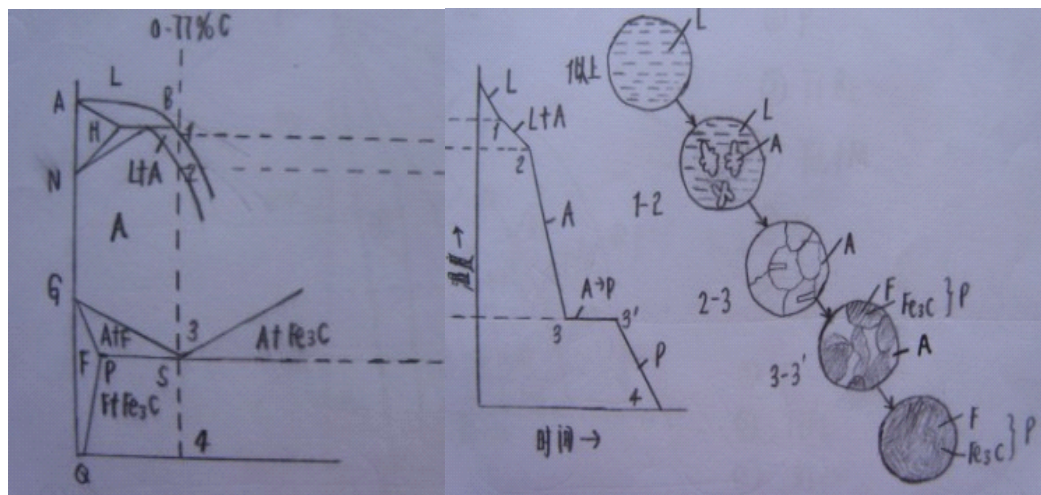


2、根据位错运动和晶体滑移的相互关系，分析纯螺型位错和纯刃型位错的位错线方向与柏氏矢量、位错线运动方向、晶体滑移方向的关系。（6 分）

答：对于纯螺型位错，柏氏矢量平行于位错线，位错线运动方向垂直于位错线本身，晶体滑移方向与 **b** 一致。

对于纯刃型位错，柏氏矢量垂直于位错线，位错线运动方向垂直于位错线本身，晶体滑移方向与 **b** 一致。

3、根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图，画出 Fe-0.77%钢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），并示意画出组织转变过程图；说明该钢在室温下的平衡组织，给出其含碳量，并计算各组织的相对重量；说明该钢在室温下的平衡相，给出其含碳量，并计算各相的相对重量。（20 分）



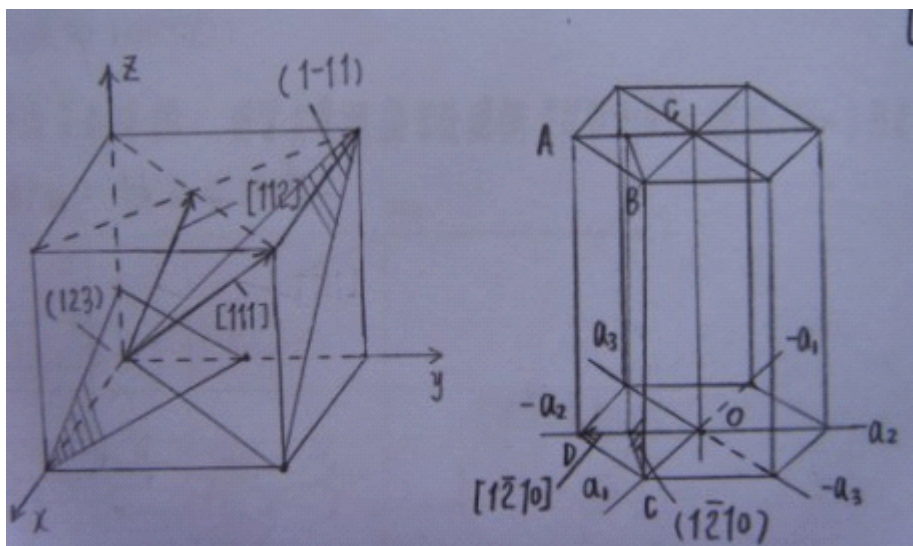
平衡组织为 P，相对重量为 100%。

平衡相为  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ，其中 P 中含碳量为 0.77%。

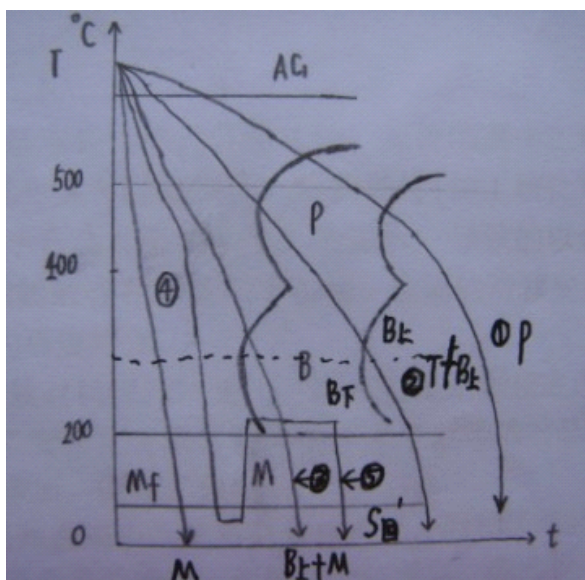
铁素体的相对重量  $\alpha\% = \frac{6.69 - 0.77}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = 88\%$ ， $\text{Fe}_3\text{C}\% = 1 - 88\% = 12\%$ 。

$\alpha\text{-Fe}$  中含碳量为 0.0218%， $\text{Fe}_3\text{C}$  中含碳量为 6.69%。

4、画出立方晶系的 $[111]$ 、 $[112]$ 和 $(123)$ 、 $(1-11)$ 和六方晶系的 $[1-210]$ 、 $(1-210)$ 。(6分)



5、根据下列钢的 TTT 曲线，给出如图中所示五种不同工艺所得的组织名称。(10分)



- 答：① P  
 ② T+B 上  
 ③ B 上+M  
 ④ M  
 ⑤ S' 回

6、推导结晶时均匀形核临界形核功  $\Delta G^*$  和临界晶核尺寸  $r^*$  的表达式。(假定晶核为球体, 球的表面积  $=4\pi r^2$ , 球的体积  $=4/3(\pi r^3)$ ,  $r$ —球的半径)(10 分)

解:

$$\Delta G = G_{\text{新相}} - G_{\text{旧相}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \cdot \sigma$$

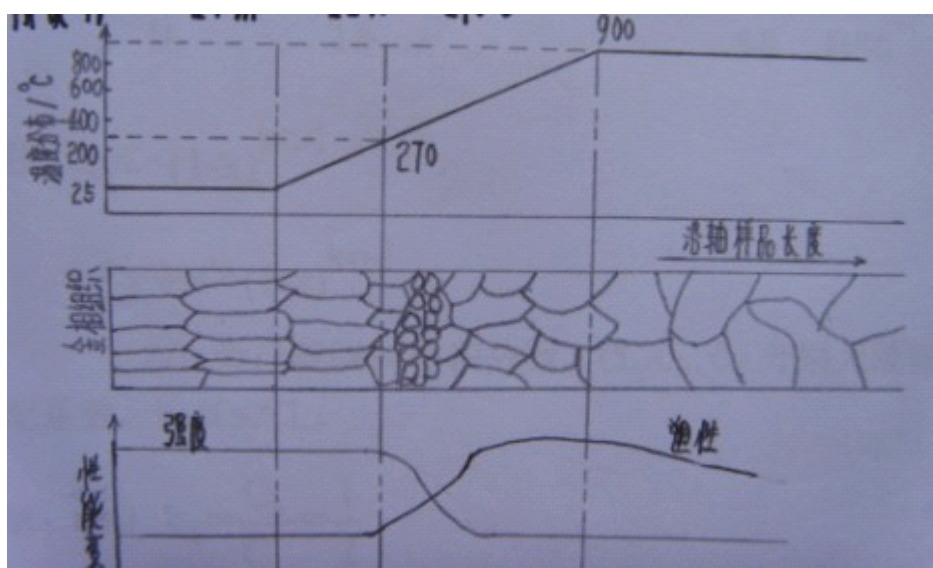
$$\frac{\partial G}{\partial r} = 4\pi r^2 \Delta G_v + 8\pi r \sigma = 0$$

$$r^* = \frac{-8\pi r \sigma}{4\pi r \Delta G_v} = \frac{-2\sigma}{\Delta G_v}$$

$$\begin{aligned} \therefore G^* &= \frac{4}{3}\pi \frac{-8\sigma^3}{\Delta G_v^2} + 4\pi \frac{4\sigma^3}{\Delta G_v} \\ &= \frac{16\pi\sigma^3}{3\Delta G_v^2} \end{aligned}$$

7、将一经过强烈形变的纯铜棒一端放在水中, 另一端放在  $900^\circ\text{C}$  的炉中加热, 当棒上的温度分布达到平衡后, 请示意画出该棒从低温端加热到高温端的组织与力学性能的变化。(10 分)(铜的熔点为  $1083^\circ\text{C}$ )

解: 考虑铜棒为工业纯铜, 对于大变形的工业纯铜可以用  $0.4T_m$  (或  $0.35T_m$ ) 估算再结晶温度。题目已知  $T_m=1083^\circ\text{C}=1356\text{K}$ , 所以  $T_r=0.4T_m=542\text{K}\approx 270^\circ\text{C}$ 。



8、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。

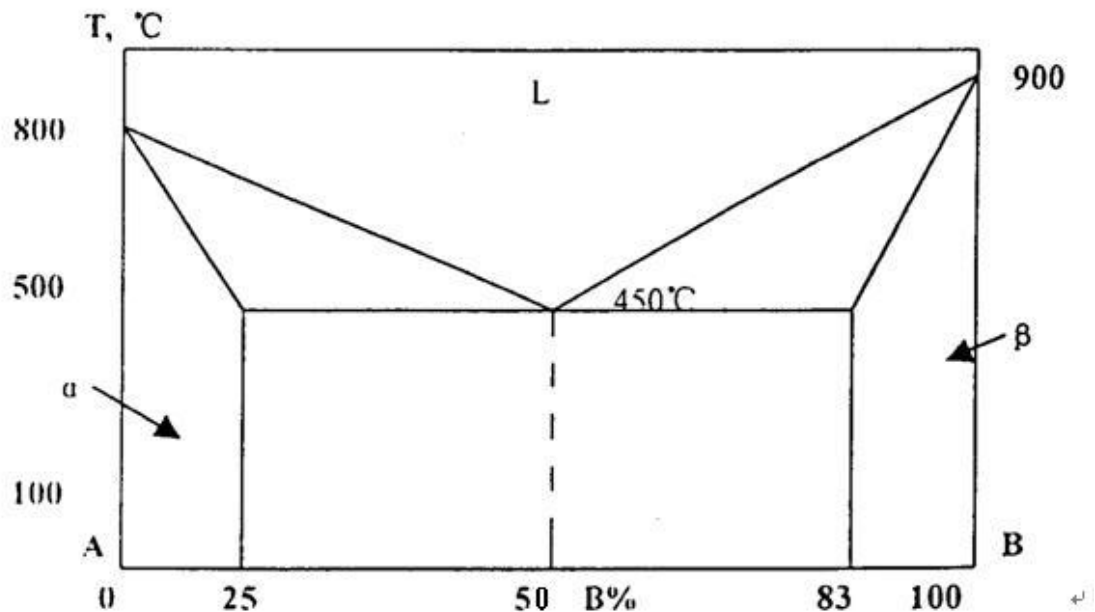
(1) 固溶强化: 由于合金元素(杂质)的加入, 导致的以金属为基体的合金的强度得到加强的现象。在位错线附近存在溶质原子偏聚, 位错的滑移受到约束和钉扎作用, 塑性变形难度增加, 金属材料的强度增加。

(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。

9、A-B 二元合金相图如下图所示，今有一合金含 B 量为 30%，试回答：若上述成分的合金棒在固相中无扩散、液相中溶质完全混合、液-固界面平面推进的条件下进行不平衡凝固，请计算凝固结束后共晶体在合金棒中所占的体积百分数。并画出合金棒中溶质 B 的分布曲线示意图和显微组织分布示意图。（10 分）



附：  $C_L = C_0(1-x)^{k_0-1}$

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

$X=Z/L$  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， $k_0=C_S/C_L$ 。

解：(1)  $k_0 = \frac{C_S}{C_L} = \frac{1}{2}$

$C_0 = 30\% \quad C_S = 25\%$

$$\therefore \frac{C_S}{k_0 C_0} = (1-x)^{k_0-1}$$

$$\therefore x = 1 - \left( \frac{C_S}{k_0 C_0} \right)^{\frac{1}{k_0-1}} = 1 - \frac{1}{\left( \frac{25\%}{\frac{1}{2} \times 30\%} \right)^2} = \frac{16}{25} = 64\%$$



∴ 共晶体 (  $\alpha + \beta$  ) = 1-64%=36%

(2)  $Z=0$  处,  $C_S = k_0 C_0 = 15\%$

$Z = \frac{16}{25}L$  处,  $C_S = 25\%$ ,  $C_L = 50\%$

(3)

