

## 西南交通大学 2006 年硕士研究生招生入学考试试题

### 一、判断是非题（是：√，非：×；每小题 2 分，共 20 分）

- 1、晶体和非晶体都有自己的空间点阵。 (×)
- 2、对于立方晶系，晶面指数与晶向指数相同时，它们相互垂直。 (√)
- 3、FCC 晶体中的八面体间隙是正八面体。 (√)
- 4、固溶点的点阵类型与溶剂的相同。 (√)
- 5、硅酸盐属于陶瓷材料，它的基本结构单元是[SiO<sub>4</sub>]四面体。 (√)
- 6、电子化合物的主要结合键是共价键，且具有明显的金属特性。 (×)
- 7、混合型位错由刃型和螺型位错混合而成，所以具有二个柏氏矢量。 (×)
- 8、通过扩散而形成新相的现象称为反应扩散。 (√)
- 9、固溶体脱溶形成的新相与母相完全共格时界面能最小。 (√)
- 10、上贝氏体转变是形核与长大的过程，上贝氏体中含有 Fe<sub>3</sub>C。 (√)

### 二、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

- 1、晶体中一个原子周围最近邻的原子数称为配位数。
- 2、BCC 晶体中最密排晶面族是{110}，最密排晶向族是<111>。
- 3、螺型位错的位错线垂直于位错滑移方向，平行于柏氏矢量。
- 4、刃型位错的运动方式有滑移、攀移。
- 5、结晶的热力学条件为 $\Delta G = G_s - G_L < 0$ 。
- 6、冷变形金属在被加热的过程中，依次发生回复、再结晶晶粒长大。
- 7、在扩散系统中，任一点的浓度不随时间变化，则称这种状态为稳态扩散。
- 8、Al-Cu 合金过饱和固溶体的脱溶顺序： $\alpha_1 + \text{GP 区}$ 、 $\alpha_2 + \theta$ 、 $\alpha_3 + \theta'$ 、 $\alpha$  平衡 +  $\theta$ 。
- 9、板条马氏体的亚结构是位错胞，故板条马氏体又称为位错马氏体。
- 10、三元合金相图的成分坐标用等边浓度三角形表示。

### 三、填表公式题（每空 0.5 分，共 8 分）

公式	$r^* = \frac{2\sigma \cdot T_m}{L_m \Delta T}$	$\sigma_y = \sigma_i + Kd^{-\frac{1}{2}}$	$J = -D \frac{dC}{dx}$
公式名称	临界形核半径公式	Hall-Petch 公式	菲克第一定律
各项含义	$r^*$ : 临界半径 $\sigma$ : 单位表面能 $T_m$ : 熔点 $L_m$ : 熔化潜热 $\Delta T$ : 过冷度	$\sigma_y$ : 屈服极限 $\sigma_i$ : 与材料有关常数 $K$ : 与材料有关常数 $d$ : 晶粒度	$J$ : 扩散通量 $D$ : 比例系数 扩散系数 $C$ : 浓度 $x$ : 距离

#### 四、简答题（24 分，每小题 3 分）

1、共晶转变

由一个液相生成两个不同固相的转变。

2、有序固溶体

当一种组元溶解在另一组元中时，各组元原子分别占据各自的布拉维点阵的一种固溶体，形成一种各组元原子有序排列的固溶体，溶质在晶格完全有序排列。

3、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。表明扩散的驱动力是化学位梯度而非浓度梯度。

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、扩展位错

通常指一个全位错分解为两个不全位错，中间夹着一个堆垛层错的整个位错形态。

6、交滑移

当某一螺型位错在原滑移面上运动受阻时，有可能从原滑移面转移到与之相交的另一滑移面上去继续滑移，这一过程称为交滑移。

7、再结晶

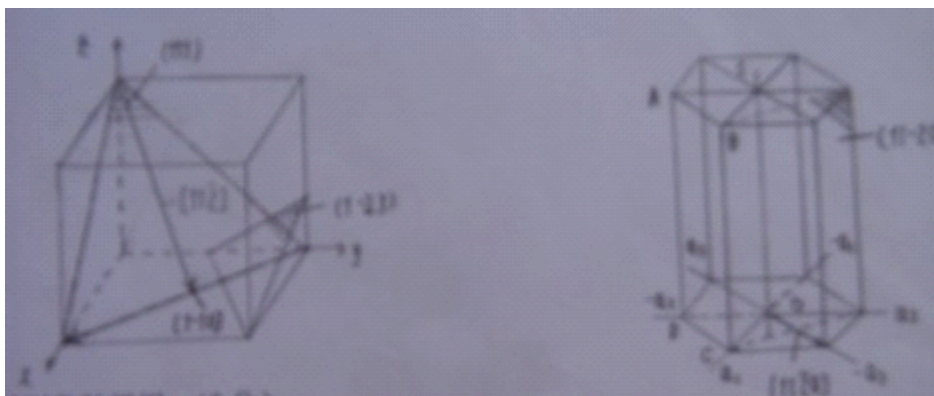
冷变形后的金属加热到一定温度之后，在原变形组织中重新产生了无畸变的新晶粒，而性能也发生了明显的变化并恢复到变形前的状态，这个过程称为再结晶。（指出现无畸变的等轴新晶粒逐步取代变形晶粒的过程）

8、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。

#### 五、简述题（78 分）

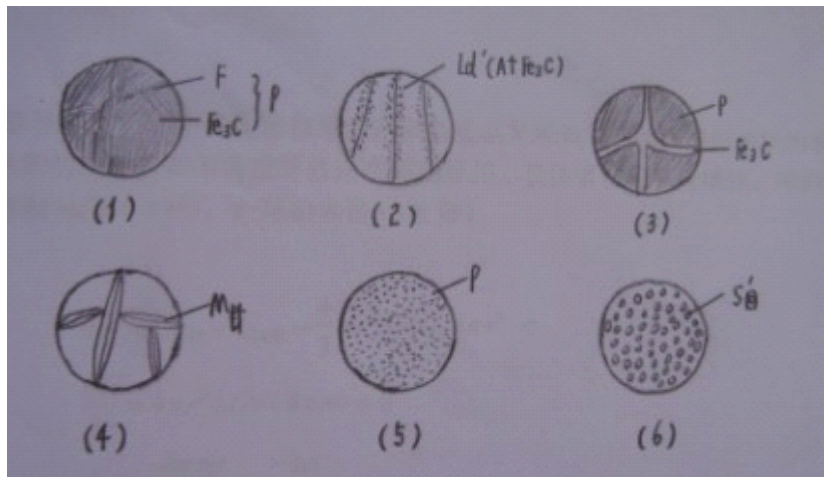
1、请画出立方晶系中（111）、 $(\bar{1}23)$ 、 $[1\bar{1}0]$ 、 $[11\bar{2}]$ 和六方晶系中的（11-20）、 $[11\bar{2}0]$ 晶面和晶向。（6 分）



2、画出下列各种组织：（6 分）

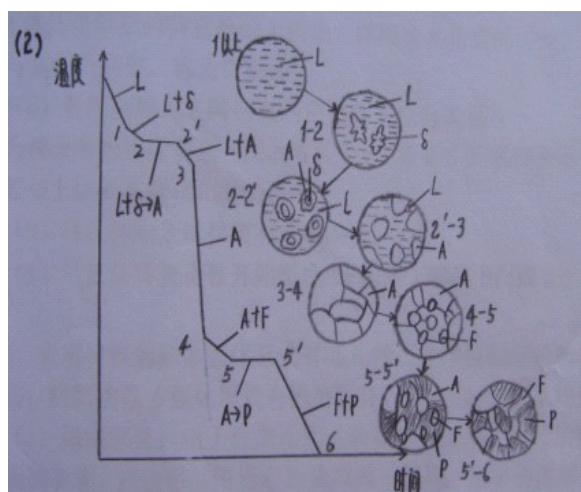
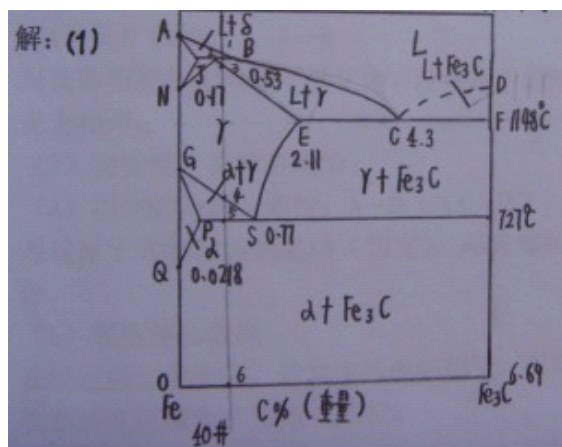
- （1）共析钢的平衡组织
- （2）共晶白口铸铁
- （3）T12 钢的平衡组织
- （4）T12 钢的淬火组织

- (5) 粒状珠光体
- (6) 45#调质处理的组织



3、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 40#钢（C%wt=0.4%，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），并示意画出组织转变过程图；
- (3) 说明 40#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。
- (4) 说明 40#钢在室温下的平衡相，给出每一种相的成分，计算各相的相对重量。



$$(3) \text{ 平衡组织为 F+P, } F = \frac{0.77-0.4}{0.77-0.0218} = 48.05\%, \quad P = 1-48.05\% = 51.95\%$$

(4) 平衡相为  $\alpha$ -Fe+Fe<sub>3</sub>C, 其中  $\alpha$ -Fe 中 C 的含量为 0.0218%, Fe<sub>3</sub>C 含量为 6.69%

$$\therefore \text{铁素体相对重量: } \frac{6.69-0.4}{6.69-0.0218} = 94\%, \quad \text{碳化铁为 } 1-94\% = 6\%$$

4、推导从奥氏体中均匀形核形成铁素体的临界形核功和临界形核半径的表达式。(不考虑两相体积的变化, 即不考虑弹性应变能的作用。设铁素体晶核为球体, 球的表面积= $4\pi r^2$ , 球的体积= $\frac{4}{3}(\pi r^3)$ ,  $r$ -球的半径)(8 分)

解:

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

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

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

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

5、简述马氏体相变的特征, 说明马氏体的回火过程中组织与性能的变化。(12 分)

答: 马氏体相变的基本特征表现为: (主要为 1-2 点)

(1) 无扩散性  $A \rightarrow M$

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。新相 M 与母相 A 的化学成分完全相同。

(2) 切变性, 具体表现为:

(a) 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。

(b) 表面浮凸效应

在经过抛光的表面, 若发生马氏体相变, 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。

(c) 惯析面

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, 称为惯析面。

(d) 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  $M_z$ )。

6、说明材料的基本强化形式有哪几种, 并用位错理论解释其中一种的强化机制。(10 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

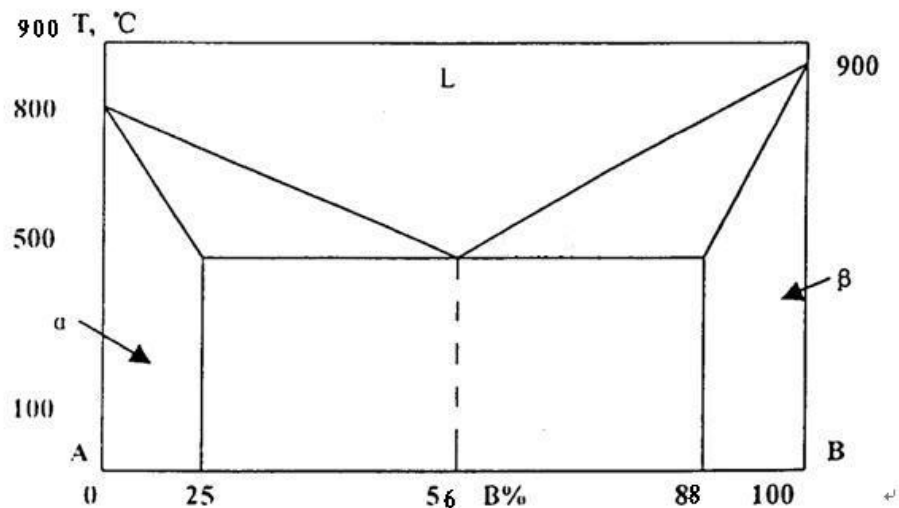
度增加，金属材料的强度增加。

(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。

7、A-B 二元合金相图如下图所示，今有一合金含 B 量为 33% 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)  $k_0 = \frac{C_S}{C_L} = \frac{25}{56}$

$C_0 = 33\% \quad C_S = 25\%$

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

$$\therefore x = 1 - \left( \frac{C_s}{k_0 C_0} \right)^{\frac{1}{k_0 - 1}} = 1 - \frac{25\%}{\left( \frac{25}{56} \times 33\% \right)^{\frac{1}{\frac{25}{56} - 1}}} = 1 - \left( \frac{25 \times 56}{25 \times 33} \right)^{-\frac{56}{31}}$$

$$= 1 - \left( \frac{56}{33} \right)^{-\frac{56}{31}} = 0.615$$

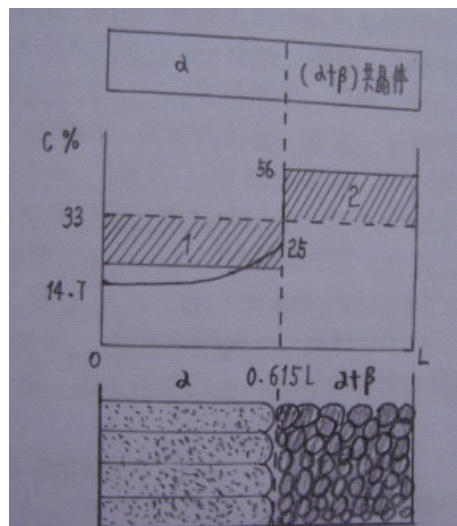
$\therefore$  共晶体在合金棒中所占的体积百分比为  $1 - 0.615 = 0.385$ 。

(2) 棒左端为单相  $\alpha$  固溶体，右端为  $(\alpha + \beta)$  共晶体。在  $Z=0$  处， $C_s = k_0 C_0 = 33\% \times \frac{25}{56}$   
 $= 0.147$

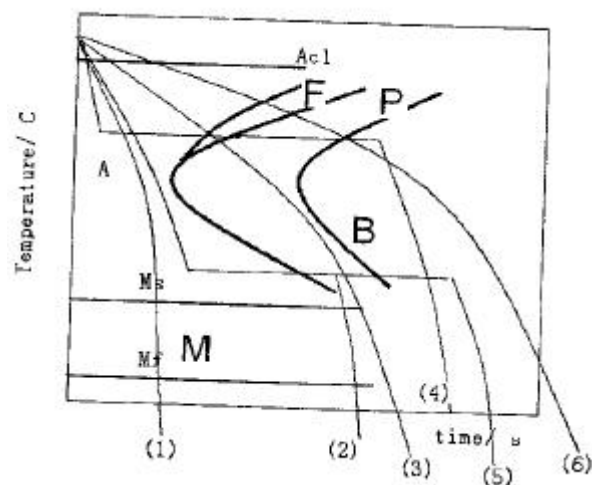
$Z=0.615$  处，

$C_s = 25\%$ ，此时  $C_L = 56\%$ ，它结晶为平均成分为  $56\%$  的  $(\alpha + \beta)$  共晶体。

(3)



8、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。(6 分)



- 答：(1)  $M+A'$   
(2)  $B_{\text{下}}+M+A'$   
(3)  $T+M+A'$   
(4)  $S$   
(5)  $B_{\text{下}}$   
(6)  $P$