

## 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 ΔG=G<sub>s</sub>-G<sub>L</sub><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: α<sub>1</sub> + GP 区、α<sub>2</sub> + θ''、α<sub>3</sub> + θ'、α平衡+θ。
- 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 $D$ : 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  
二元合金中一个液相在恒定温度下同时转变为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

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、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

一个全位错分解为两个不全位错和它们之间的层错，这一位错组态称为扩展位错。

## 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

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。

## 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。

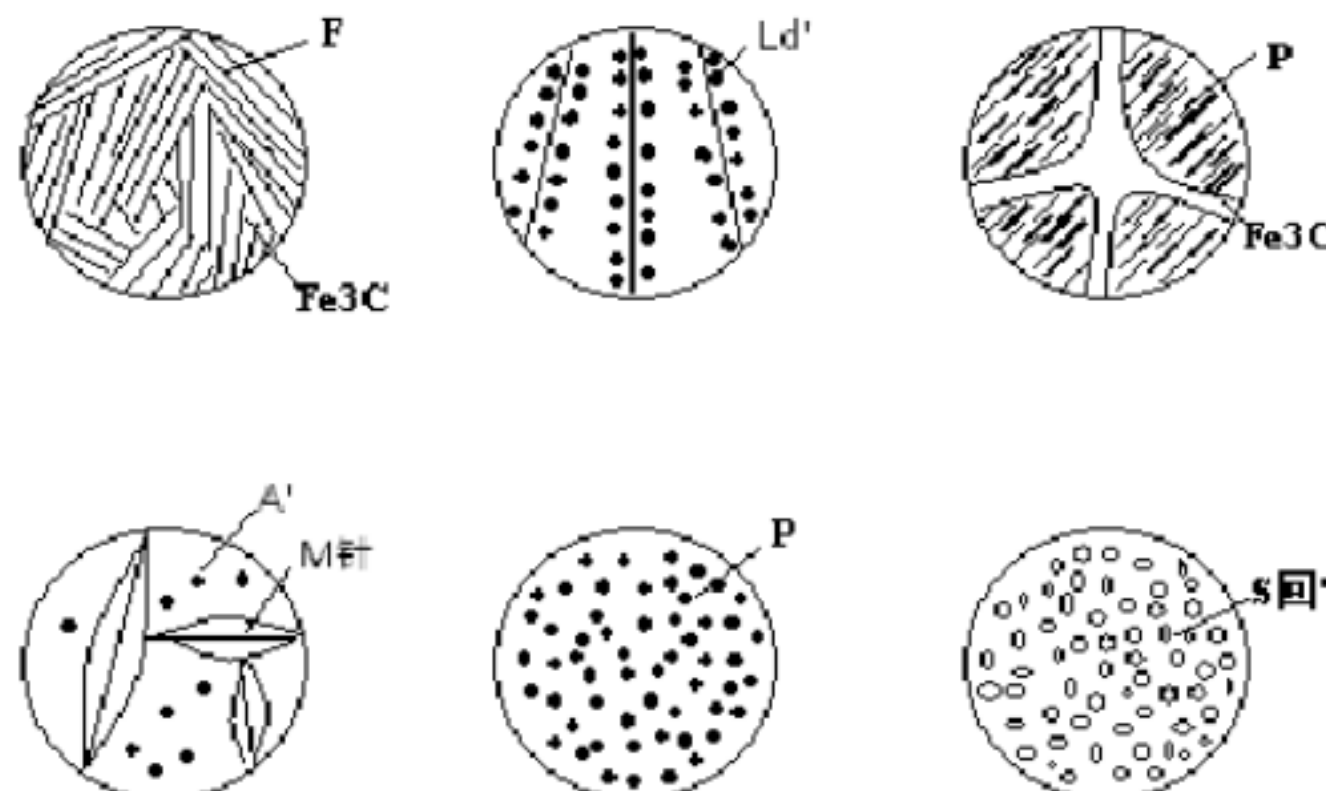
## 五、简述题 (78 分)

1、请画出立方晶系中 (111)、(1-23)、[1-10]、[11-2]和六方晶系中的 (11-20)、[11-20]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

答：如图所示。



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。

解：(1) 如图 a 所示。

(2) 如图 b 和 c 所示。

$L \rightarrow L+A \rightarrow A \rightarrow A+F \rightarrow A+F+P \rightarrow F+P$

40 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  $A \rightarrow P (F+C_m)$ 。

(3) 室温下 40 钢的组织为：铁素体 F ( $\omega_c=0.0218\%$ ) + 珠光体 P ( $F+Fe_3C$ ) ( $\omega_c=0.77\%$ )。

根据杠杆定律计算可得

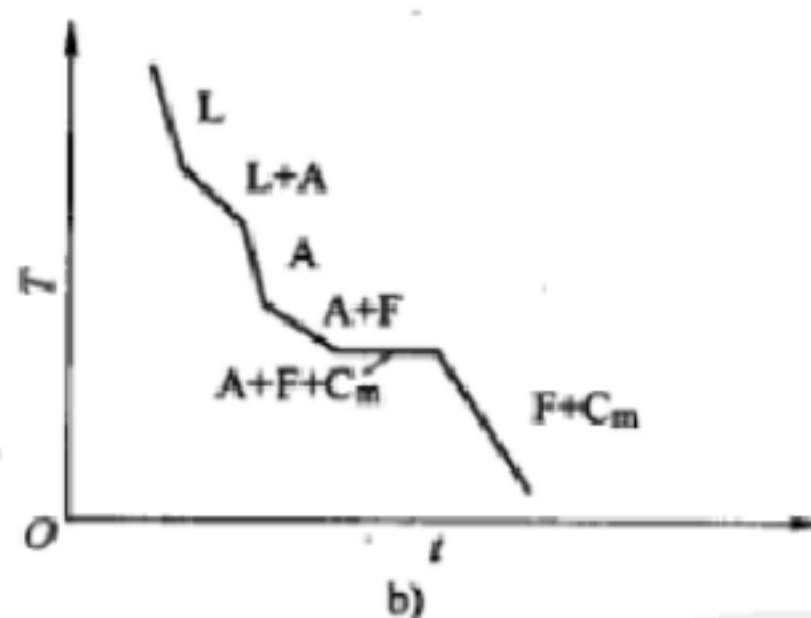
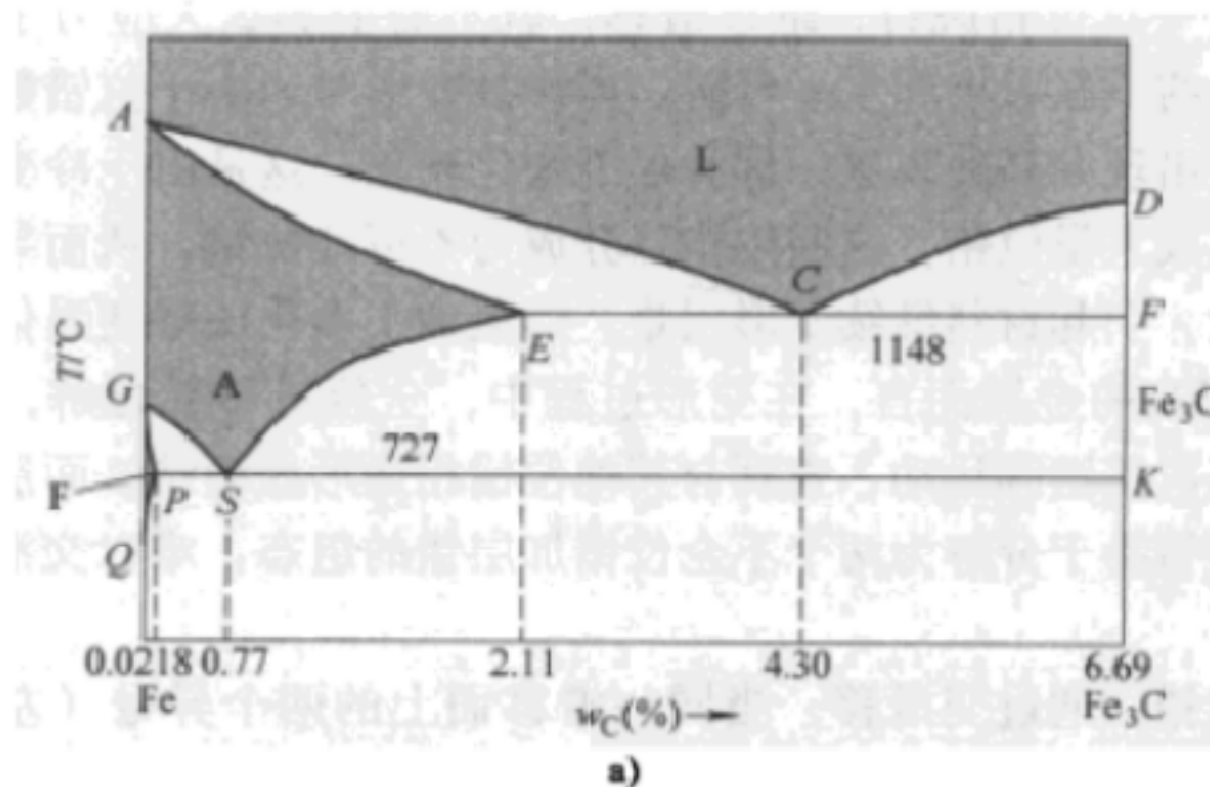
$$Q_\alpha = \frac{0.77 - 0.4}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 49.45\%$$

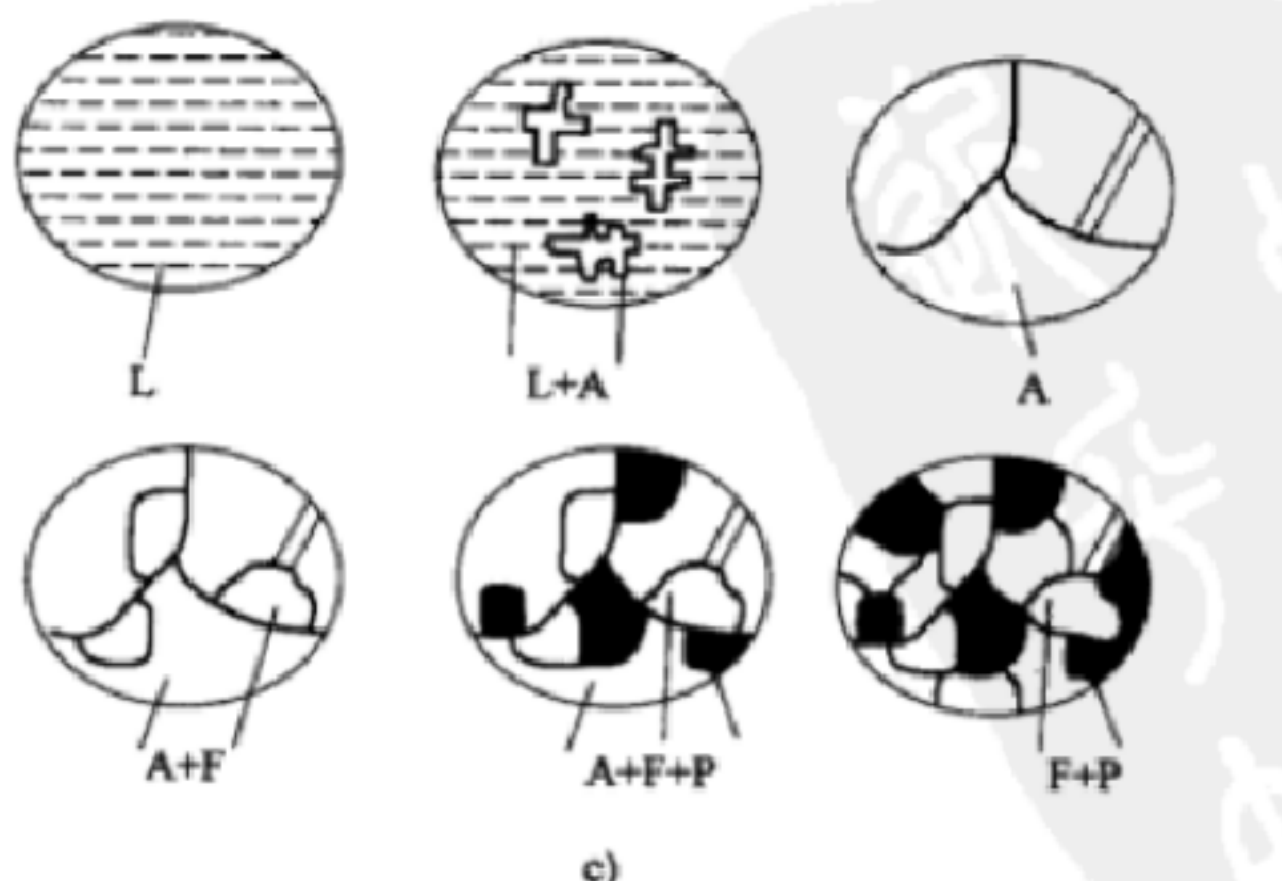
$$Q_P = \frac{0.4 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 43.87\%$$

(4) 平衡相为  $\alpha\text{-Fe} + Fe_3C$ ，

$$\alpha\text{-Fe 相对重量} : \frac{6.69 - 0.4}{6.69 - 0.0008} = 94\%$$

Fe<sub>3</sub>C 相对重量为  $1 - 94\% = 6\%$





a) Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图 b) 40 钢的平衡冷却曲线 c) 40 钢平衡冷却时的组织转变过程

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: 晶胚为球形, 半径为  $r$ , 则

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

当过冷液体中出现一个晶胚时, 总的自由能变化  $\Delta G$  应为

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

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

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

将  $r^*$  代入式 (1) 可求得

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

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：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。

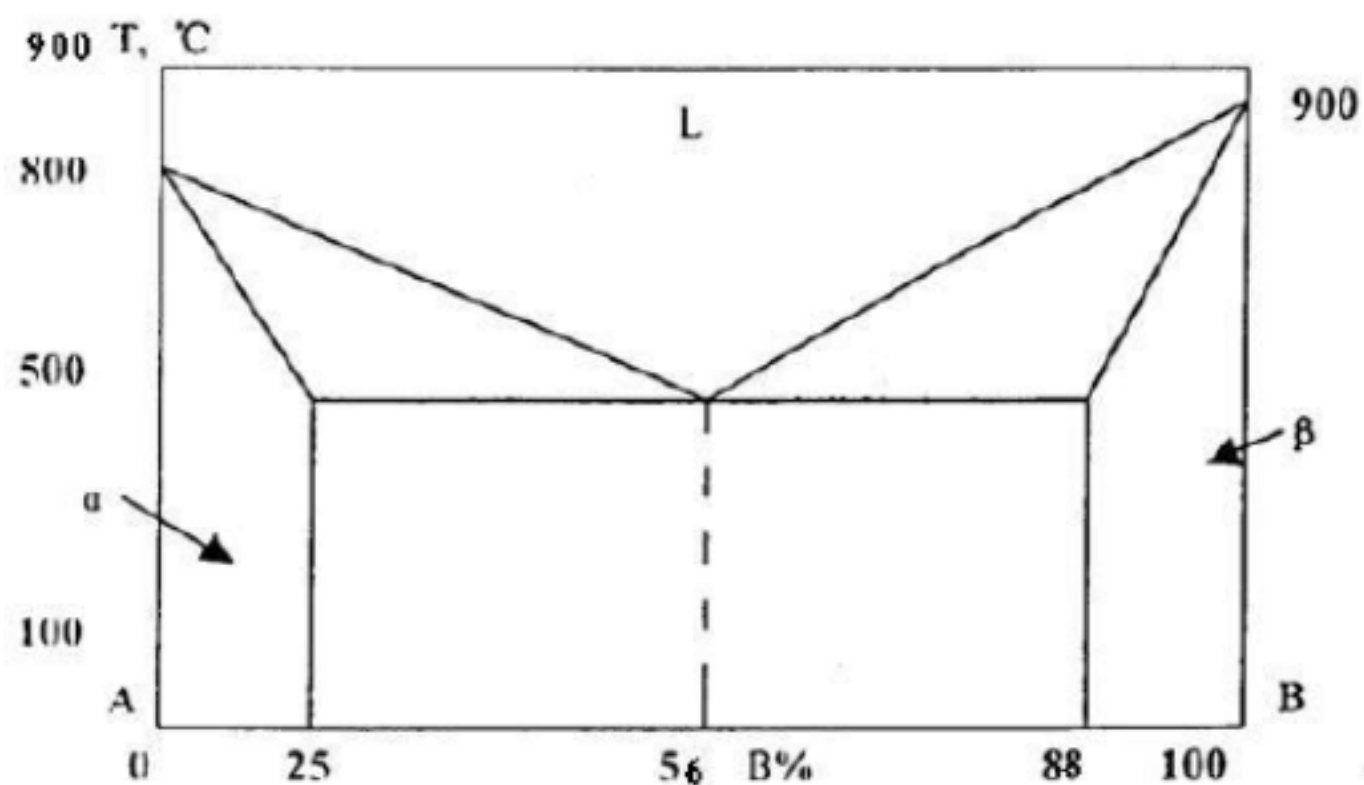
这些强化方式总的来说是向晶体内引入大量晶体缺陷，如位错、点缺陷、异类原子、晶界、高度弥散的质点或不均匀性（如偏聚）等，这些缺陷阻碍位错运动，也会明显地提高材料强度。

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 ( $\theta''$  及  $\theta'$ )，最后形成热力学稳定的平衡相 ( $\theta$ )。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。

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)  $k_0 = \frac{C_S}{C_L} = \frac{25}{56}$

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

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

$$x = 1 - \left( \frac{C_S}{k_0 C_0} \right)^{\frac{1}{k_0-1}} = 1 - \frac{1}{\left( \frac{25\%}{\frac{25}{56} \times 33\%} \right)^{\frac{1}{\frac{25}{56}-1}}} = 1 - \left( \frac{25 \times 56}{25 \times 33} \right)^{\frac{56}{31}} = 1 - \left( \frac{56}{33} \right)^{\frac{56}{31}} = 0.615$$



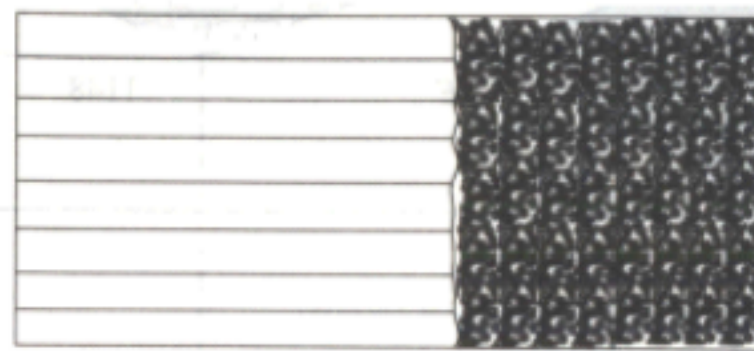
共晶体在合金棒中所占的体积百分比为  $1-0.615=0.385$

(2) 棒左端为单相 $\alpha$ 固溶体, 右端为  $(\alpha+\beta)$  共晶体。

$Z=0$  处,  $C_S=k_0C_0=14.7\%$ ,

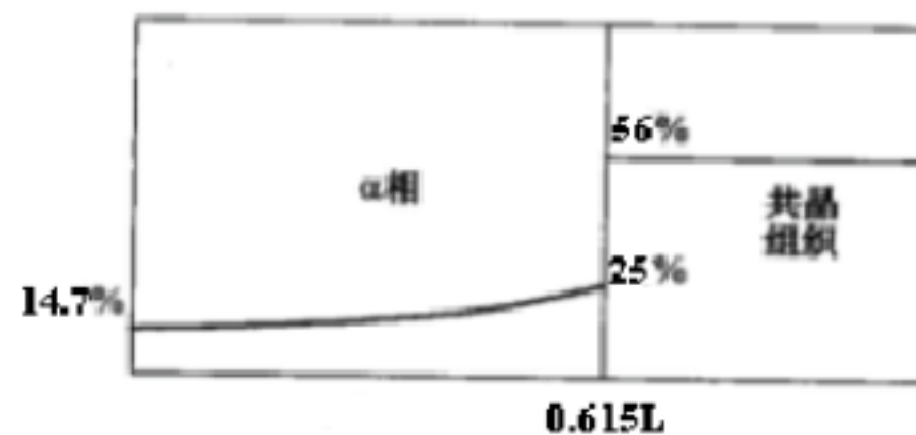
$Z=0.615L$  处,  $C_S=25\%$ , 此时  $C_L=56\%$ , 它结晶为平均成分为  $56\%$  的  $(\alpha+\beta)$  共晶体。

(3)



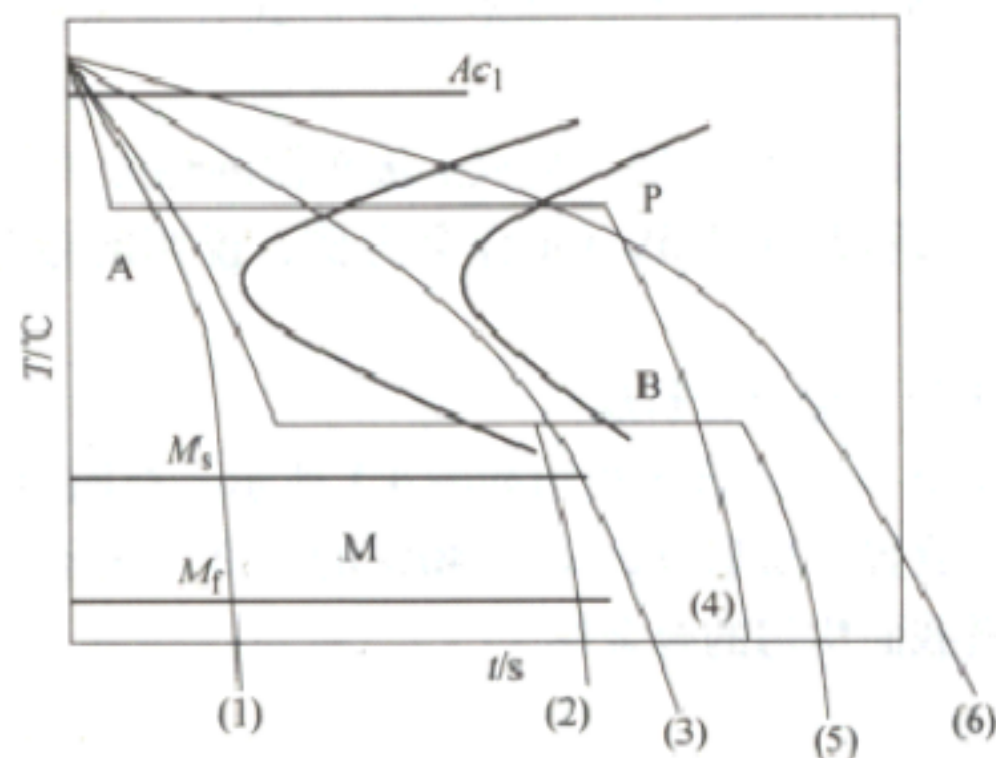
柱状  $\alpha$ 相 共晶组织

a) 棒的组织示意图



b) 棒中 B 原子的浓度分布曲线

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) 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,  $P$ 。