

试卷二十七

2004 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：材料科学基础

适用专业：材料类、机械类

一、简答题（共 40 分，每小题 8 分）

1. 请简述间隙固溶体、间隙相、间隙化合物的异同点？
2. 请简述影响扩散的主要因素有哪些。
3. 临界晶核的物理意义是什么？形成临界晶核的充分条件是什么？
4. 有哪些因素影响形成非晶态金属？为什么？
5. 合金强化途径有哪些？各有什么特点？

二、计算、作图题（共 60 分，每小题 12 分）

1. 求 $[11\bar{1}]$ 和 $[20\bar{1}]$ 两晶向所决定的晶面，并绘图表示出来。
2. 氧化镁（MgO）具有 NaCl 型结构，即具有 O^{2-} 离子的面心立方结构。

问：

(1) 若其离子半径 $r_{Mg^{2+}} = 0.066nm$, $r_{O^{2-}} = 0.140nm$, 则其原子堆积密度为多少？

(2) 如果 $r_{Mg^{2+}}/r_{O^{2-}} = 0.41$, 则原子堆积密度是否改变？

3. 已知液态纯镍在 $1.013 \times 10^5 Pa$ (1 大气压), 过冷度为 319K 时发生均匀形核, 设临界晶核半径为 1nm, 纯镍熔点为 1726K, 熔化热 $\Delta H_m = 18075J/mol$, 摩尔体积 $V_s = 6.6cm^3/mol$, 试计算纯镍的液-固界面能和临界形核功。

4. 图 27-1 所示为 Pb-Sn-Bi 相图投影图。问：

(1) 写出合金 Q ($w_{Bi} = 0.7$, $w_{Sn} = 0.2$) 凝固过程及室温组织。

(2) 计算合金室温下组织组成物的相对含量。

5. 有一钢丝（直径为 1mm）包覆一层铜（总直径为 2mm）。若已知钢的屈服强度 $\sigma_{st} = 280MPa$, 弹性模量 $E_{st} = 205GPa$, 铜的 $\sigma_{Cu} = 140MPa$, 弹性模量 $E_{Cu} = 110GPa$ 。问：

(1) 如果该复合材料受到拉力，何种材料先屈服？

(2) 在不发生塑性变形的情况下，该材料能承受的最大拉伸载荷是多少？

(3) 该复合材料的弹性模量为多少？

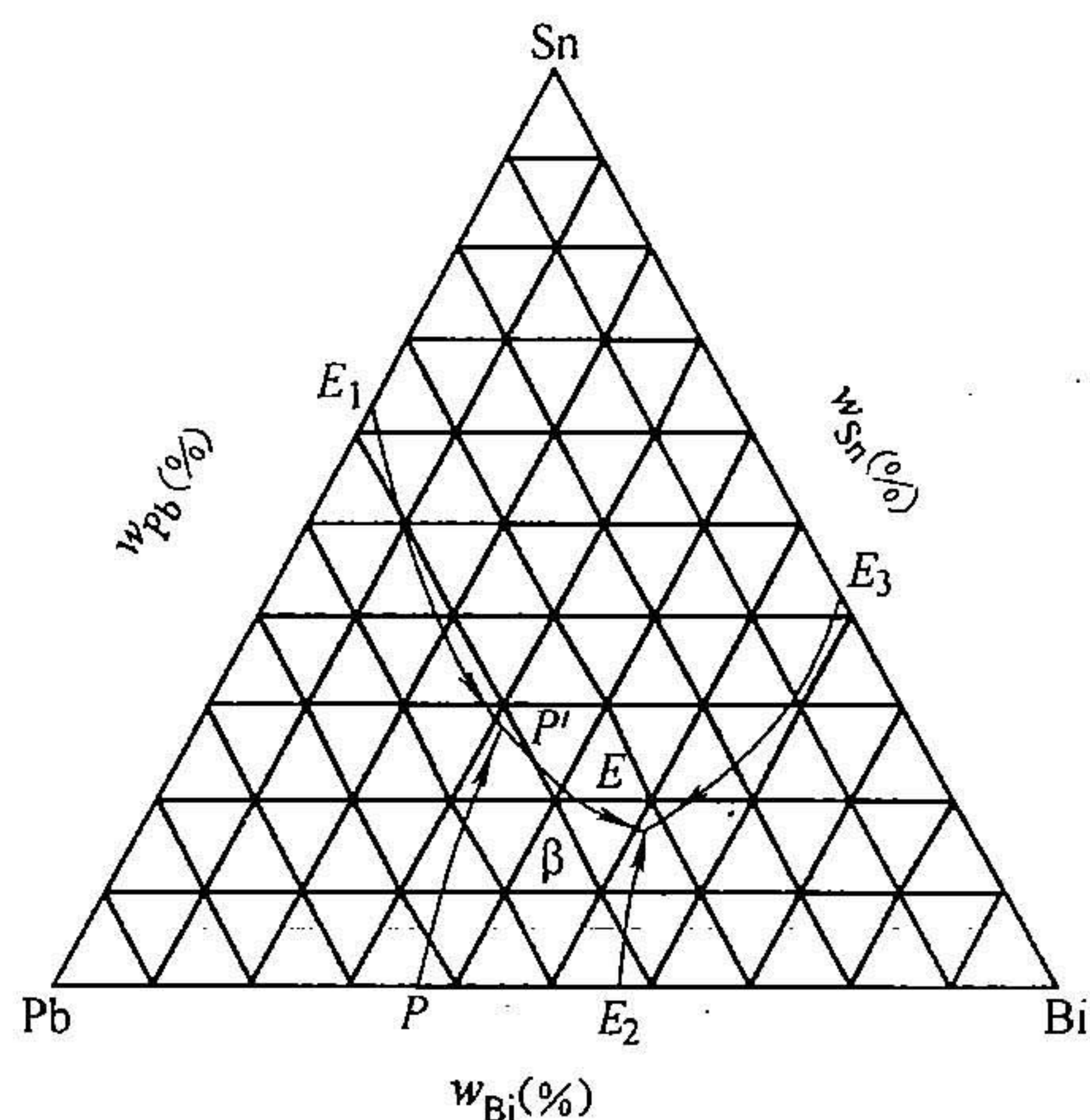


图 27-1 第二题第 4 小题图

三、综合分析题 (共 50 分, 每小题 25 分)

1. 某面心立方晶体的可动滑移系为 $(11\bar{1}) [110]$ 。

(1) 请指出引起滑移的单位位错的柏氏矢量。

(2) 若滑移由刃位错引起, 试指出位错线的方向。

(3) 请指出在 (2) 的情况下, 位错线的运动方向。

(4) 假设在该滑移系上作用一大小为 0.7MPa 的切应力, 试计算单位刃位错线受力的大小和方向 (取点阵常数为 $a = 0.2\text{nm}$)。

2. Cu-Ag 合金相图如图 27-2 所示。若有一 Cu-Ag 合金 ($w_{\text{Cu}} = 0.075$; $w_{\text{Ag}} = 0.925$) 1kg , 请提出一种方案从该合金中提炼出 100g 的 Ag, 且要求提炼得到的 Ag 中的 Cu 含量 w_{Cu} 低于 0.02 。(假设液相线和固相线均为直线)。

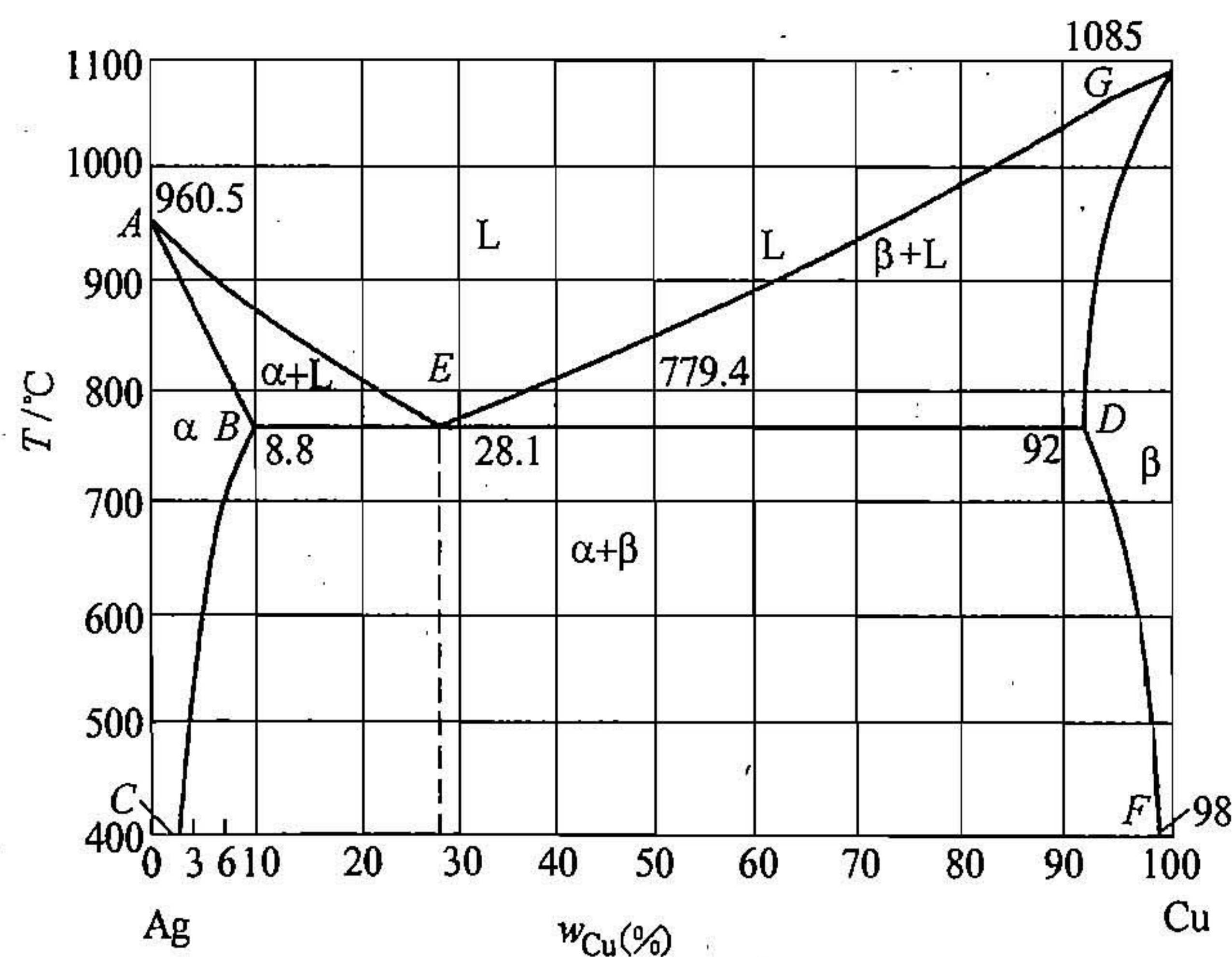


图 27-2 第三题第 2 小题图

标准答案

一、

1. 相同点：小原子溶入。不同点：间隙固溶体保持溶剂（大原子）点阵；间隙相、间隙化合物改变了大原子点阵，形成新点阵。间隙相结构简单；间隙化合物结构复杂。

2. 影响扩散的主要因素：(1) 温度；(2) 晶体结构与类型；(3) 晶体缺陷；(4) 化学成分。

3. 临界晶核的物理意义：可以自发长大的最小晶胚（或，半径等于 r_k 的晶核）。

形成临界晶核的充分条件：(1) 形成 $r \geq r_k$ 的晶胚；(2) 获得 $A \geq A^*$ （临界形核功）的形核功。

4. 液态金属的粘度：粘度越大原子扩散越困难，易于保留液态金属结构。

冷却速度：冷却速度越快，原子重新排列时间越短，越容易保留液态金属结构。

5. 细晶强化、固溶强化、复相强化、弥散强化（时效强化）和加工硬化。

二、

1. 设所求的晶面指数为 (hkl) ，则

$$h:k:l = \left| \begin{array}{cc} 1 & -1 \\ 0 & -2 \end{array} \right| : \left| \begin{array}{cc} -1 & 1 \\ -1 & 2 \end{array} \right| : \left| \begin{array}{cc} 1 & 1 \\ 2 & 0 \end{array} \right| = (112)$$

2.

(1) 点阵常数 $a = 2(r_{\text{Mg}^{2+}} + r_{\text{O}^{2-}}) = 0.412\text{nm}$

$$\text{堆积密度 } P_f = \frac{\frac{4}{3}\pi(r_{\text{Mg}^{2+}}^3 + r_{\text{O}^{2-}}^3) \times 4}{a^3} = 0.73$$

(2) 堆积密度会改变，因为 P_f 与两异号离子半径的比值有关。

3. 因为 $r = \frac{2\sigma}{\Delta G_B}$, $\Delta G_B = \frac{L\Delta H}{T_m} = \frac{\Delta H\Delta T}{T_m}$

所以

$$\sigma = \frac{r\Delta G_B}{2} = \frac{r\Delta H\Delta T}{2T_m} = 2.53 \times 10^{-5} \text{J/cm}^2$$

$$A = \Delta G_V = \frac{16\pi\sigma^3}{3\Delta G_B^2} = \frac{16\pi\sigma^3 T_m^2 V}{3\Delta H^2 \Delta T^2} = 1.6 \times 10^{-19} \text{J}$$

4.

(1) 冷却至液相面析出 Bi: $L \rightarrow \text{Bi}_{\text{初}}$ ，随温度降低 Bi 增多，液相成分沿

Bi—Q的延长线向 E_3E 移动；

液相成分达到 E_3E 后发生三相共晶反应， $L \rightarrow (Sn + Bi)_{共}$ ，液相成分沿 E_3E 向 E 移动；

液相成分达到 E 后，发生四相共晶反应 $L \rightarrow (Sn + Bi + \beta)_{共}$ 。此后冷却，组织不再变化。

室温组织为： $Bi_{初} + (Sn + Bi)_{共} + (Sn + Bi + \beta)_{共}$

(2) $w_{Bi_{初}} = 0.288$ ； $w_{(Sn + Bi)_{共}} = 0.407$ ； $w_{(Sn + Bi + \beta)_{共}} = 0.305$

5. 两金属的弹性应变相等，即：

$$(\sigma/E)_{st} = \epsilon_{st} = \epsilon_{Cu} = (\sigma/E)_{Cu}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{Cu} \times \frac{205000}{110000} = 1.86\sigma_{Cu}$$

(1) Cu 先屈服。

(2) $F_{总} = F_{Cu} + F_{st} = (140 \times 10^6 \times 2.4 \times 10^{-6} + 280 \times 10^6 \times 0.8 \times 10^{-6}) N = 560N$

(3) $\bar{E} = (\varphi E)_{st} + (\varphi E)_{Cu} = 130000MPa$

三、

1.

(1) 柏氏矢量： $\vec{b} = \frac{a}{2} [\bar{1}10]$ 。

(2) 位错线方向： $[112]$ 。

(3) 位错线运动方向平行于柏氏矢量。

(4) $F = \tau b = 9.899 \times 10^{-11} MN/m$

2.

(1) 将 1kg 合金加热至 900℃ 以上熔化，缓慢冷却至 850℃，倒去剩余液体，所得固体 a_1 约 780g， $w_{Cu} = 0.055$ 。

(2) 将 a_1 熔化，缓慢冷却至 900℃，倒去剩余液体，得 a_2 约 380g， $w_{Cu} = 0.03$ 。

(3) 将 a_2 熔化，缓慢冷却至 920℃，倒去剩余液体，得 a_3 约 260g， $w_{Cu} = 0.02$ 。

(4) 将 a_3 熔化，缓慢冷却至 935℃，倒去剩余液体，得 a_4 约 180g， $w_{Cu} = 0.013$ ，即可。