

# 西北工业大学

## 试卷二十五

### 2002 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 30 分，每小题 6 分）

1. 简单立方晶体中，若位错线方向为  $[001]$ ， $b = a [110]$ ，试说明该位错属于什么类型的位错？

2. 若面心立方晶体中有  $b = \frac{a}{2} [\bar{1}01]$  的单位位错及  $b = \frac{a}{6} [12\bar{1}]$  的不全位错，此二位错相遇能否进行位错反应？为什么？

3. 有一 40 钢试样，平衡加热到  $730^\circ\text{C}$  将获得什么组织？若把该试样从  $730^\circ\text{C}$  快冷（如水冷），室温下将得到什么组织？

4. 说明下列合金相各属于何种固溶体化合物：碳钢中的奥氏体， $\text{Fe}_3\text{C}$ ， $\text{Mg}_2\text{Si}$ ， $\text{Cu}_3\text{Sn}$ 。

5. 简述纯金属晶体长大的机制。

#### 二、计算作图题（共 40 分，每小题 8 分）

1.  $\text{FeO}$  具有  $\text{NaCl}$  型结构。假设  $\text{Fe}$  与  $\text{O}$  的原子数目相同，试计算其密度。（已知  $\text{Fe}$  与  $\text{O}$  的相对原子量为 55.8 和 16.0，铁的离子半径  $r = 0.074\text{nm}$ ，氧的离子半径  $R = 0.140\text{nm}$ ）

2. 拉伸单晶铜，拉力轴方向为  $[001]$ ， $\sigma = 10^6\text{Pa}$ 。求在  $(111)$  面上一个  $b = \frac{a}{2} [10\bar{1}]$  的螺位错线所受的力（已知铜的点阵常数  $a = 0.36\text{nm}$ ）。

3.  $\text{Mg-Ni}$  系的一个共晶反应为： $L_{(w_{\text{Ni}}=0.235)} = \alpha_{(\text{纯Mg})} + \text{Mg}_2\text{Ni}_{(w_{\text{Ni}}=0.546)}$ ，设  $w_{\text{Ni}}^1 = C_1$  为一种亚共晶合金， $w_{\text{Ni}}^2 = C_2$  为一种过共晶合金，这两种合金的先共晶相的质量分数相等，但  $C_1$  合金中  $\alpha$  的总量是  $C_2$  合金中  $\alpha$  总量的 2.5 倍，试确定  $C_1$  合金和  $C_2$  合金的成分。

4. 在面心立方晶胞中, 分别画出  $(101)$ 、 $[10\bar{1}]$  和  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[1\bar{1}0]$ , 并指出哪些是滑移面、滑移方向; 就图中情况能否构成滑移系?

5. 利用 Fe-O 相图 (见图 25-1), 分析纯铁在  $1000^\circ\text{C}$  氧化时, 氧化层内的组织与氧浓度分布规律, 画出示意图。

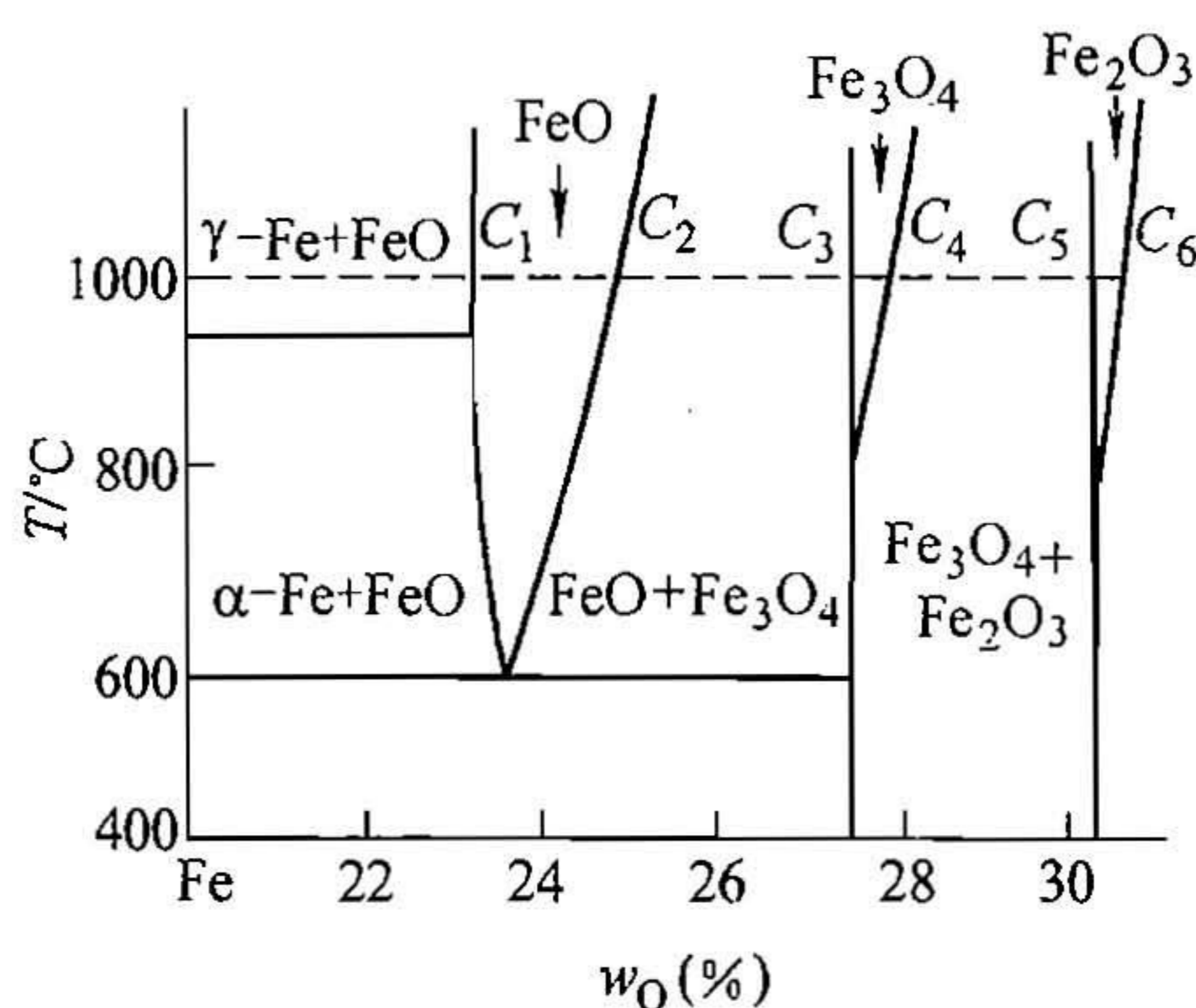


图 25-1 第二题第 5 小题图

### 三、综合分析题 (共 30 分, 每小题 15 分)

1. 就 Al-Cu 合金相图 (见图 25-2), 试分析:

(1) 什么成分的合金适合压力加工?

(2) 对此合金可采用什么方法强化? 为什么?

(3) 对于  $w_{\text{Cu}} = 0.04$  的合金, 经 80% 冷变形后, 分别在  $550^\circ\text{C}$ 、 $300^\circ\text{C}$  退火 1 小时, 试分析其组织有什么不同。

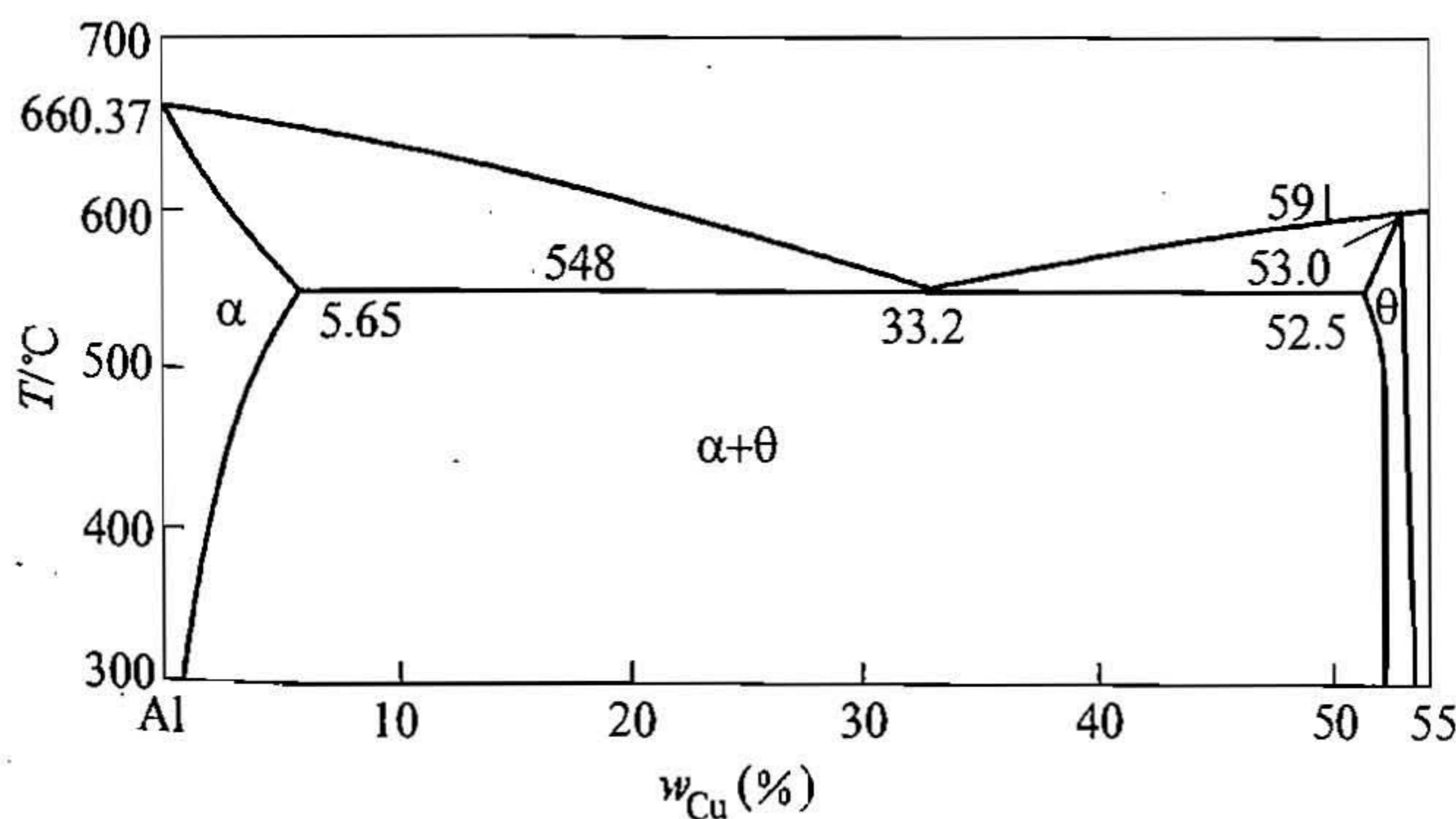


图 25-2 第三题第 1 小题图

2. 对于 Fe-C 合金 (相图见图 25-3):

(1) 有两批直径相同的 20 钢和 T12 钢棒发生混料, 请提出两种不同的方法将它们区分开来。

(2) 若在退火状态下, 试比较两种材料的强度、硬度和塑性的大小。

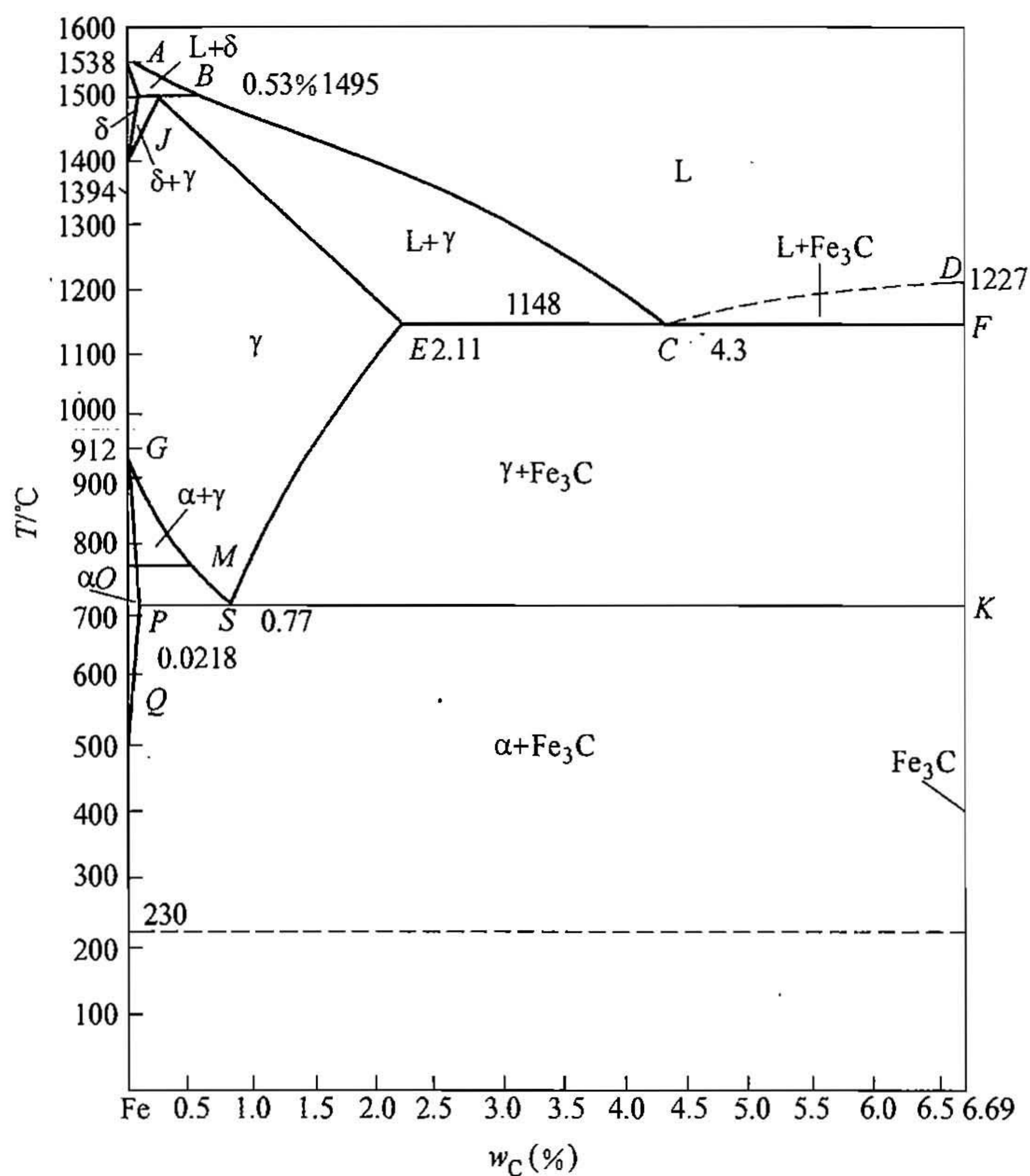


图 25-3 第三题第 2 小题图

## 标准答案

一、

1. 因位错线方向与柏氏矢量方向垂直, 因此该位错为刃位错。
2. 能够发生反应。

$$\text{几何条件: } \sum \vec{b}_{\text{前}} = \sum \vec{b}_{\text{后}} = \frac{a}{3} [\bar{1} 1 1]$$

$$\text{能量条件: } \sum \vec{b}_{\text{前}}^2 = \frac{2}{3} a^2 > \sum \vec{b}_{\text{后}}^2 = \frac{1}{3} a^2$$

3. 40 钢加热到  $730^{\circ}\text{C}$  将得到奥氏体 + 铁素体, 从  $730^{\circ}\text{C}$  快冷到室温将得到马氏体 + 铁素体组织。

4. 奥氏体——间隙固溶体。

$\text{Fe}_3\text{C}$ ——间隙化合物。

$\text{Mg}_2\text{Si}$ ——正常价化合物。

$\text{Cu}_3\text{Sn}$ ——电子化合物。

5. 晶体长大机制是指晶体微观长大方式, 它与液-固界面结构有关。

具有粗糙界面的物质, 因界面上约有 50% 的原子位置空着, 这些空位都可接受原子, 故液体原子可以单个进入空位, 与晶体相连接, 界面沿其法线方向垂直推移, 呈连续式长大。

具有光滑界面的晶体长大, 不是单个原子的附着, 而是以均匀形核的方式, 在晶体学小平面上形成一个原子层厚的二维晶核与原界面间形成台阶, 单个原子可以在台阶上填充, 使二维晶核侧向长大, 在该层填满后, 则在新的界面上形成新的二维晶核, 继续填满, 如此反复进行。

若晶体的光滑界面存在有螺型位错的露头, 则该界面成为螺旋面, 并形成永不消失的台阶, 原子附着到台阶上使晶体长大。

## 二、

1. 由于  $\text{FeO}$  具有  $\text{NaCl}$  型结构, 所以单位晶胞中有 4 个  $\text{Fe}^{2+}$  和 4 个  $\text{O}^{2-}$ , 则有

$$V = a^3 = [2 \times (0.074 + 0.140) \times 10^{-9}]^3 \text{m}^3 = 78.4 \times 10^{-30} \text{m}^3$$

$$m = 4 \times (55.8 + 16.0) / (0.6 \times 10^{24}) \text{g} = 479 \times 10^{-24} \text{g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{479 \times 10^{-24}}{78.4 \times 10^{-30}} \text{g/m}^3 = 6.1 \times 10^6 \text{g/m}^3$$

2. 设外加拉应力在 (111) 滑移面上沿  $[\bar{1}01]$  晶向的分切应力为  $\tau$ , 则

$$\tau = \sigma \cos \varphi \cos \lambda$$

式中,  $\varphi$  为  $[001]$  与 (111) 晶面的法线  $[111]$  间的夹角,  $\lambda$  为  $[001]$  与  $[\bar{1}01]$  晶向间的夹角, 故

$$\tau = 10^6 \times \frac{1}{\sqrt{1} \times \sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \text{Pa} = 4.0825 \times 10^5 \text{Pa}$$

若螺位错线上的受力为  $F_d$ , 则

$$F_d = \tau b = 4.0825 \times 10^5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0.36 \times 10^{-9} \text{N/m} = 1.039 \times 10^{-4} \text{N/m}$$

3. 根据题意, 可知:

$$\begin{cases} \frac{23.5 - C_1}{23.5} = \frac{C_2 - 23.5}{54.6 - 23.5} \\ \frac{54.6 - C_1}{54.6} = 2.5 \times \frac{54.6 - C_2}{54.6} \end{cases}$$

解之得

$$C_1 = 12.7\%, C_2 = 37.8\%$$

4. 见图 25-4。

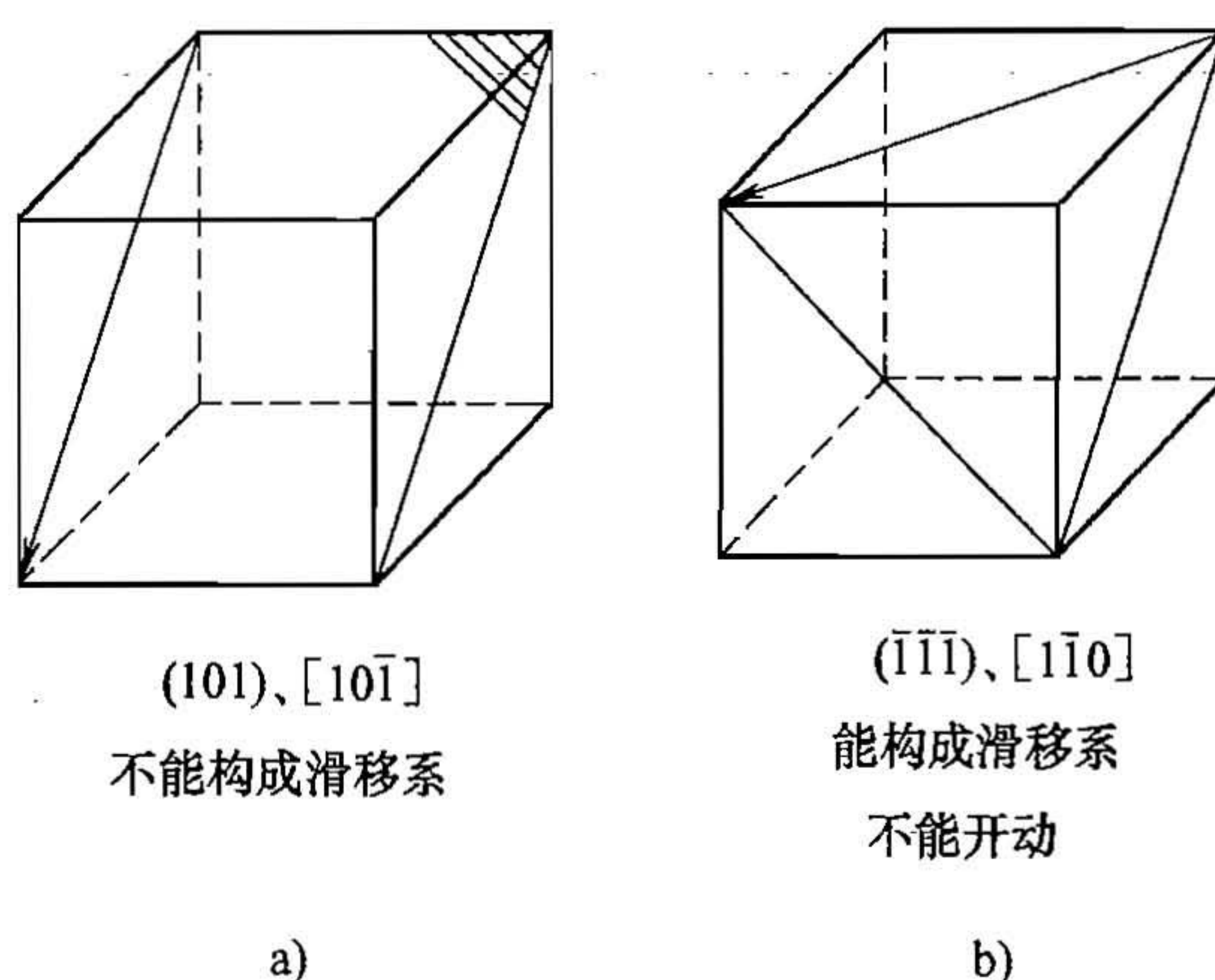


图 25-4 第二题第 4 小题解答图

5. 见图 25-5。

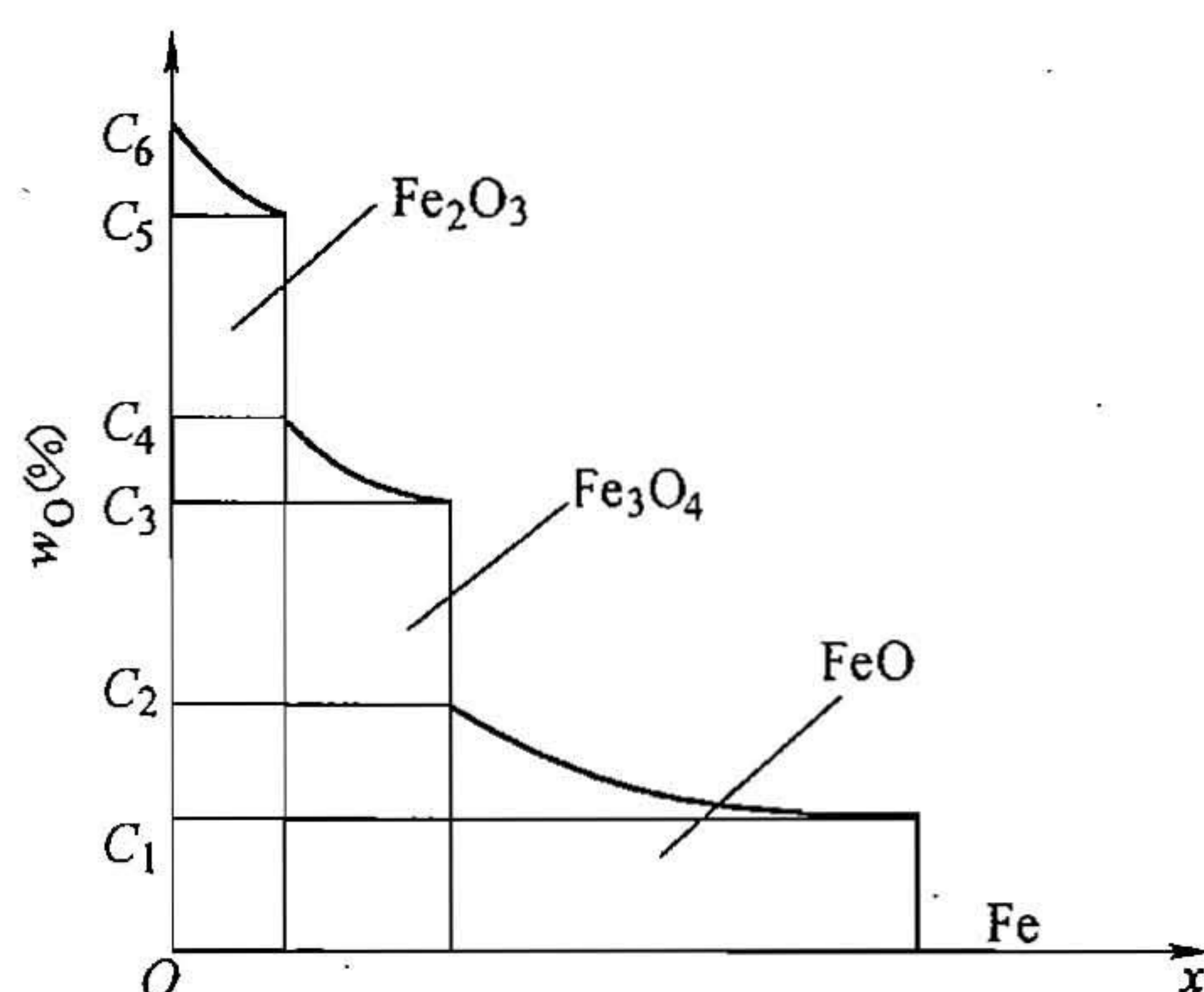


图 25-5 第二题第 5 小题解答图

三、

1.

(1) 进行压力加工要求合金具有良好的塑性，组织中不应有过多的强化相，因此合金中的合金元素应比较少，一般不超过其最大固溶度。

(2) 对 Al-Cu 合金而言，常用含 Cu 约 4% 的合金。该合金固溶处理后处于单相状态，塑性变形能力优良。

(3) 提高 Al-4%Cu 合金的强度有两种方法。其一，固溶 + 时效处理：将合金加热至单相区，快速冷却，获得过饱和的  $\alpha$  固溶体，而后重新加热到一定温度保温，析出细小弥散的  $\theta$  相，从而获得时效强化。其二，加工硬化：通过冷变形获得加工硬化。

2.

(1) 分辨 20 钢和 T12 钢常用方法有：金相法，先进行退火处理，而后观察其金相组织，20 钢的组织为珠光体 + 铁素体，T12 钢的组织为珠光体 + 网状渗碳体；敲击法，分别敲击两合金，20 钢的声音清脆明亮，T12 钢的则沉闷。

(2) 退火状态下，20 钢的强度、硬度较 T12 钢低，塑性较高。