

# 试卷二十六

## 2003 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. 简单立方晶体中，若位错线方向为  $[11\bar{2}]$ ， $b = a [\bar{1}10]$ ，试判断此位错的类型？若为刃型位错，试求出半原子面的晶面指数及插入方向的晶向指数。

2. 根据溶质原子在点阵中的位置，举例说明固溶体相可分为几类？固溶体在材料中有何意义？

3. 固溶体合金非平衡凝固时，有时会形成微观偏析，有时会形成宏观偏析，原因何在？

4. 应变硬化在生产中有何意义？作为一种强化方法，它有什么局限性？

5. 一种合金能够产生析出硬化的必要条件是什么？

二、计算、作图题（共 60 分，每小题 12 分）

1. 绘出面心立方点阵中  $(110)$  晶面的原子平面图。在该图中标出  $[1\bar{1}1]$  晶向和  $(1\bar{1}0)$  晶面（指晶面在  $(110)$  晶面上的垂直投影线）。

2. 在图 26-1 所示浓度三角形中，确定  $P$ 、 $R$ 、 $S$  三点的成分。若有 2kg 的  $P$ 、4kg 的  $R$ 、7kg 的  $S$  混合，求混合后该合金的成分？

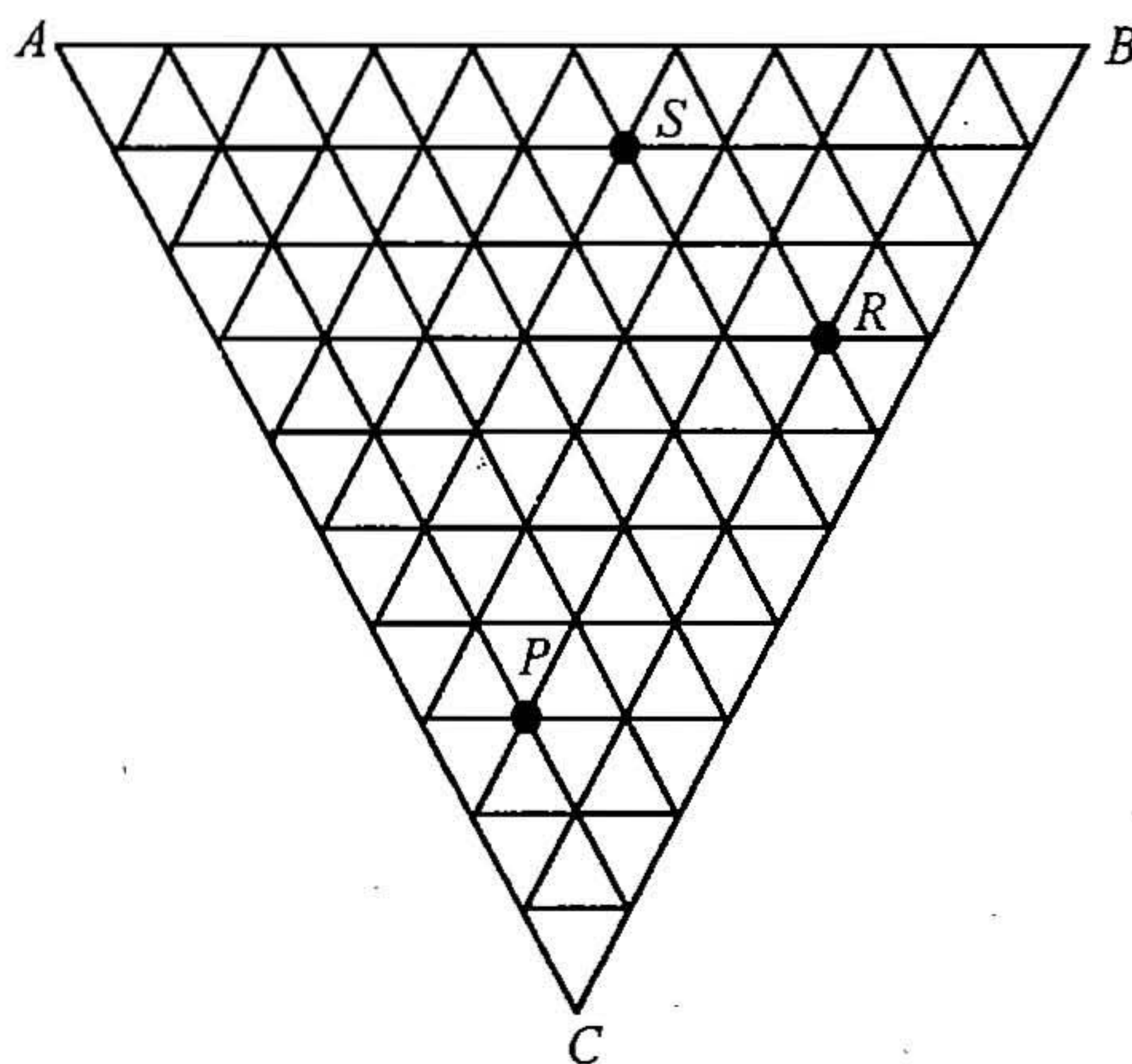


图 26-1 第二题第 2 小题图



3. 已知碳在  $\gamma$ -Fe 中扩散时,  $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度在  $927^\circ\text{C}$  时, 求其扩散系数为多少? (已知摩尔气体常数  $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ )

4. 纯铅在  $553^\circ\text{C}$  和  $627^\circ\text{C}$  等温退火至完成再结晶分别需要 40h 和 1h。试求此材料的再结晶激活能。(已知摩尔气体常数  $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ )

5. 画出 40 钢经退火后室温下的显微组织示意图, 并注明组织、放大倍数、腐蚀剂等。

### 三、综合分析题: (共 50 分, 每小题 25 分)

1. 图 26-2 所示为铜-铝合金相图的近铝部分。

(1) 写出  $w_{\text{Al}} = 0.08$  的 Al-Cu 合金, 平衡凝固后的室温组织, 并述其形成过程?

(2) 若该合金在铸造条件下, 将会是什么组织?

(3) 若该合金中 Al 含量改变时 (当  $w_{\text{Al}} < 0.05$  或  $w_{\text{Al}} > 0.08$  时), 其力学性能将如何变化?

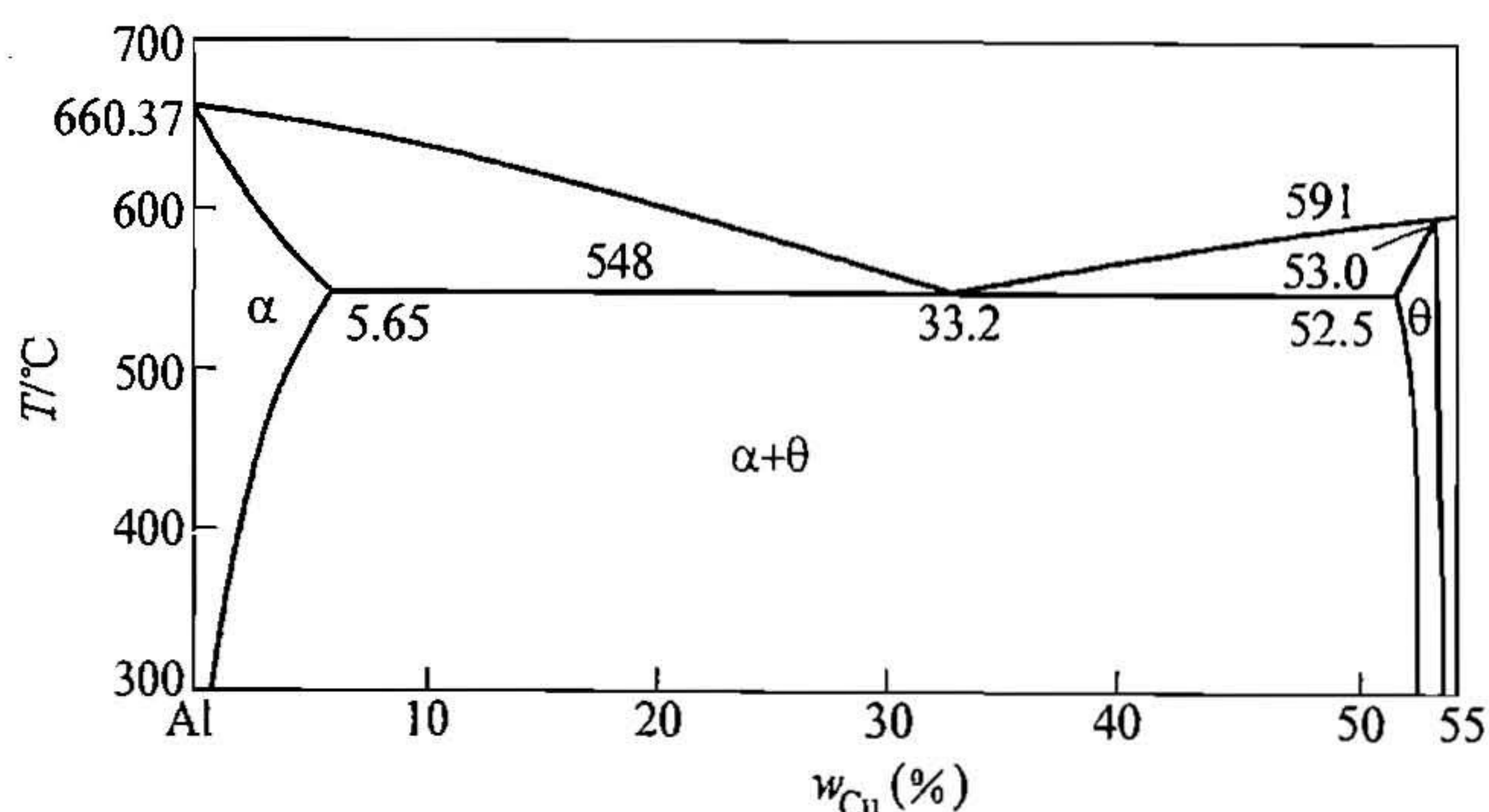


图 26-2 第三题第 1 小题图

2. 已知位错环 ABCD 的柏氏矢量为  $b$ , 外应力为  $\tau$  和  $\sigma$ , 如图 26-3 所示。

(1) 位错环的各边分别是什么类型的位错?

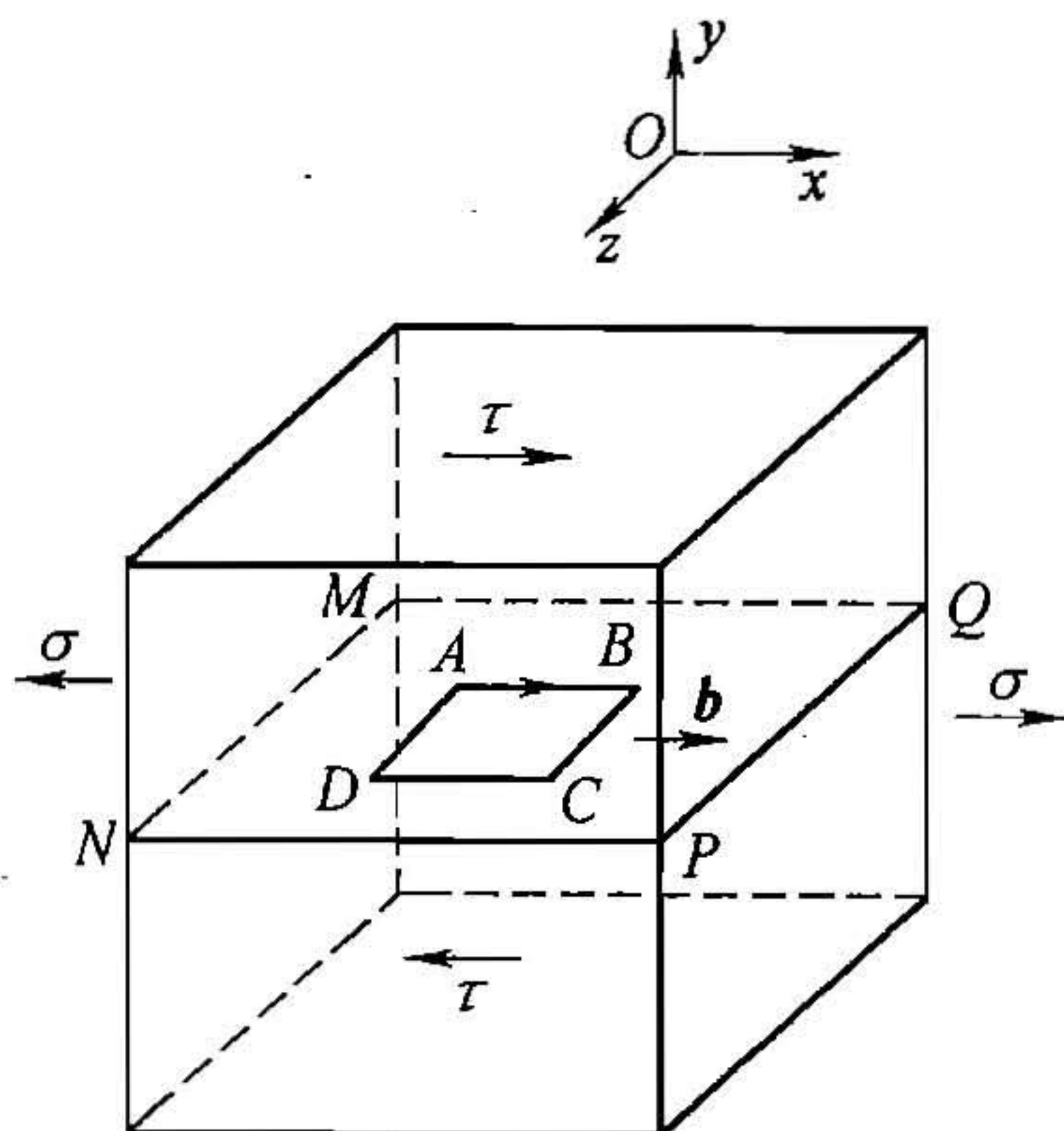


图 26-3 第三题第 2 小题图



- (2) 在足够大切应力  $\tau$  作用下, 位错环将如何运动?  
 (3) 在足够大的拉应力  $\sigma$  作用下, 位错环将如何运动?

## 标准答案

### 一、

1. 因位错线方向和柏氏矢量方向垂直, 故该位错是刃位错。半原子面的晶面指数是  $(\bar{1}10)$ 。

2. 按溶质原子在点阵中的位置, 固溶体可以分为置换固溶体, 比如 Al-Cu 合金中的  $\alpha$  相; 间隙固溶体, 比如 Fe-C 合金中的  $\alpha$  相。

3. 微观偏析在一个晶粒范围以内, 是由于结晶时扩散速度较慢引起的。宏观偏析在整个零件或试样范围内, 是由于结晶时溶质原子再分配引起的。

4. 应变硬化又称为加工硬化, 可以提高合金的强度和硬度, 比如, 冷拉钢丝就是利用应变硬化效应对钢丝进行强化的。尤其是对于有些不能用热处理进行强化的合金, 应变硬化是非常重要的强化手段。但应变硬化并没有从根本上改变合金的性质, 如果遇到某些情况, 如温度升高, 应变硬化可能会因再结晶的发生而丧失。

5. 能够产生析出硬化的必要条件是可以获得过饱和固溶体, 以便于第二相的析出。

### 二、

1. 见图 26-4。

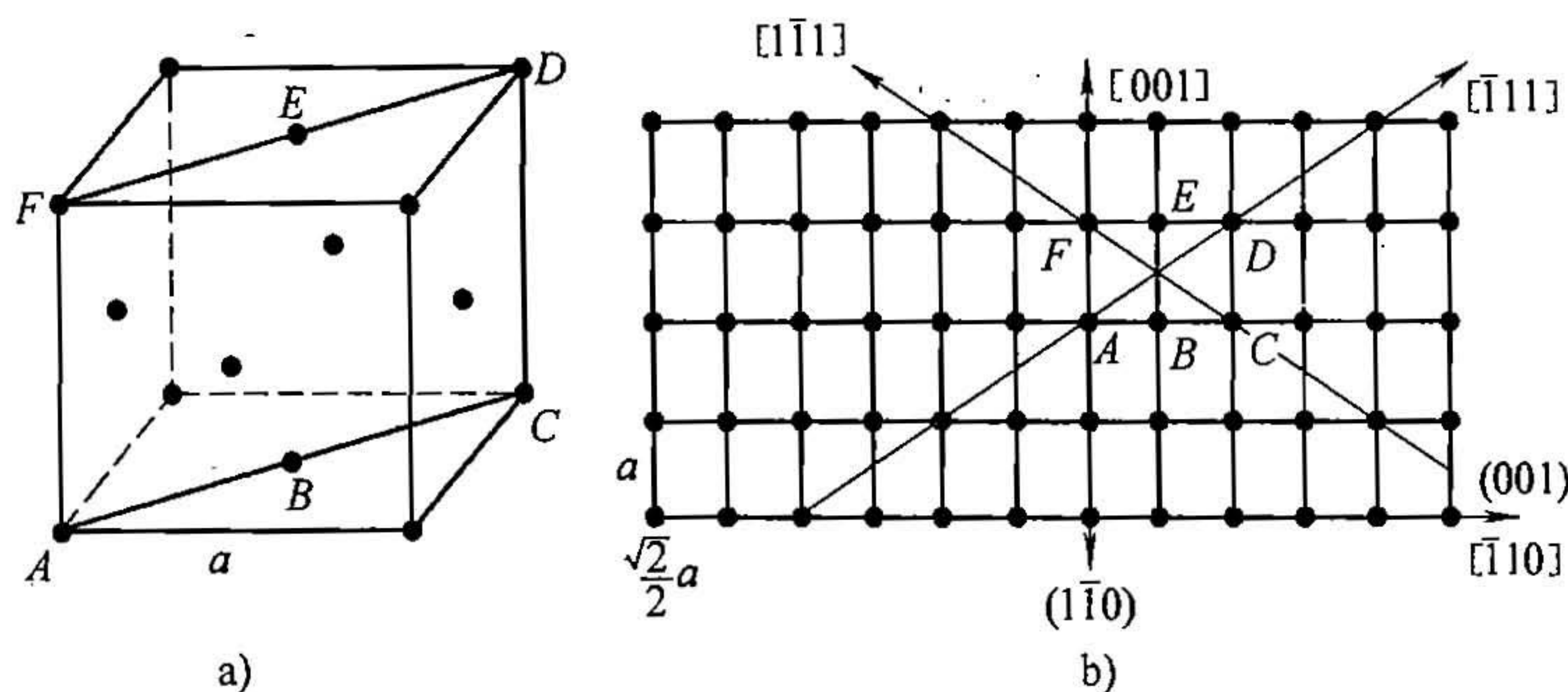
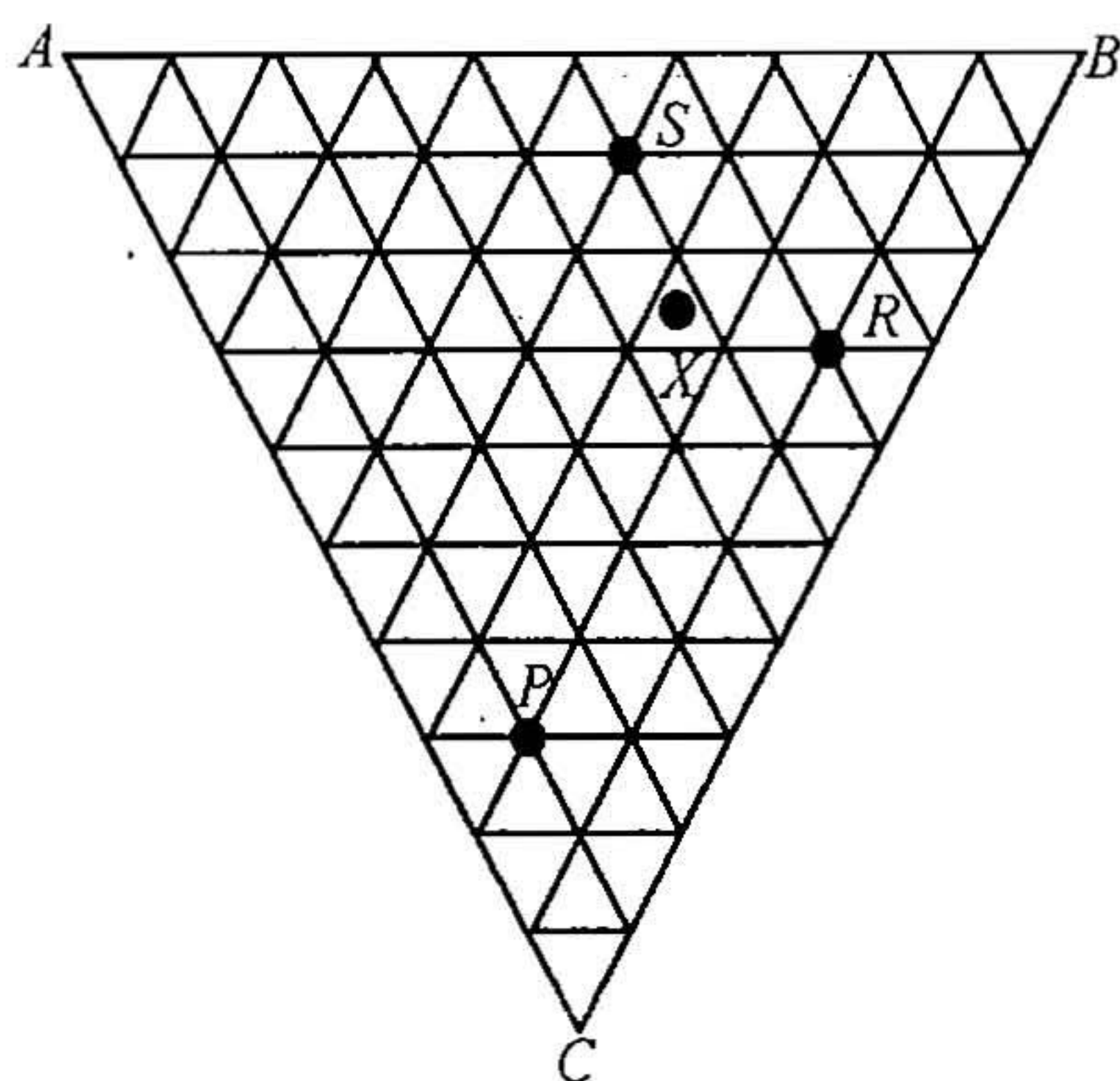


图 26-4 第二题第 1 小题解答图

2. 见图 26-5。





P: 20%A - 10%B - 70% C

R: 10%A - 60%B - 30% C

S: 40%A - 50%B - 10% C

X: 27.7%A - 46.9%B - 25.4% C

图 26-5 第二题第 2 小题解答图

$$3. D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(-\frac{1.4 \times 10^5}{8.314 \times 1200}\right) \text{ m}^2/\text{s} = 1.6 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$$

4.

由

$$\frac{t_1}{t_2} = \exp\left[\frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right]$$

$$\text{可得 } \ln \frac{t_1}{t_2} = \frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$Q = R \ln \frac{t_1}{t_2} / \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = 8.314 \times \ln 40 / \left(\frac{1}{553 + 273} - \frac{1}{627 + 273}\right) \text{ J/mol}$$

$$= 3.08 \times 10^5 \text{ J/mol}$$

5. 略。

三、

1.

(1)  $w_{\text{Al}} = 0.08$  的 Al-Cu 合金平衡凝固时, 首先析出  $\alpha$  固溶体, 随温度降低  $\alpha$  相逐渐增多。温度降至  $548^\circ\text{C}$  时发生共晶反应, 得到  $\alpha + \theta$  共晶体。液相全部消耗完时温度再次下降,  $\alpha$  相中析出弥散的  $\theta$  相。室温下, 其组织组成为:  $\alpha + (\alpha + \theta)_{\text{共}} + \theta_{\text{II}}$ 。

(2) 在铸造条件下,  $\alpha$  相减少, 共晶体增多, 且晶粒较平衡凝固为小。

(3) 若 Cu 含量减少, 合金的强度下降, 塑性升高; 若 Cu 含量增加, 则强度升高, 塑性下降。

2.

(1) 由位错线的方向与  $\vec{b}$  之间的关系可知: AB 为右螺位错, CD 为左螺位错, BC 为正刃位错; DA 为负刃位错。

(2) 在足够大切应力  $\tau$  作用下, 晶体上部沿  $\vec{b}$  的方向运动, 这样造成位错环



各边向外侧运动，即位错环扩大。

(3) 在足够大的拉应力  $\sigma$  作用下， $BC$  段位错将向下运动， $DA$  段位错向上运动；由于螺位错不能攀移，因此  $AB$ 、 $CD$  两段位错不发生运动。如图 26-6 所示。

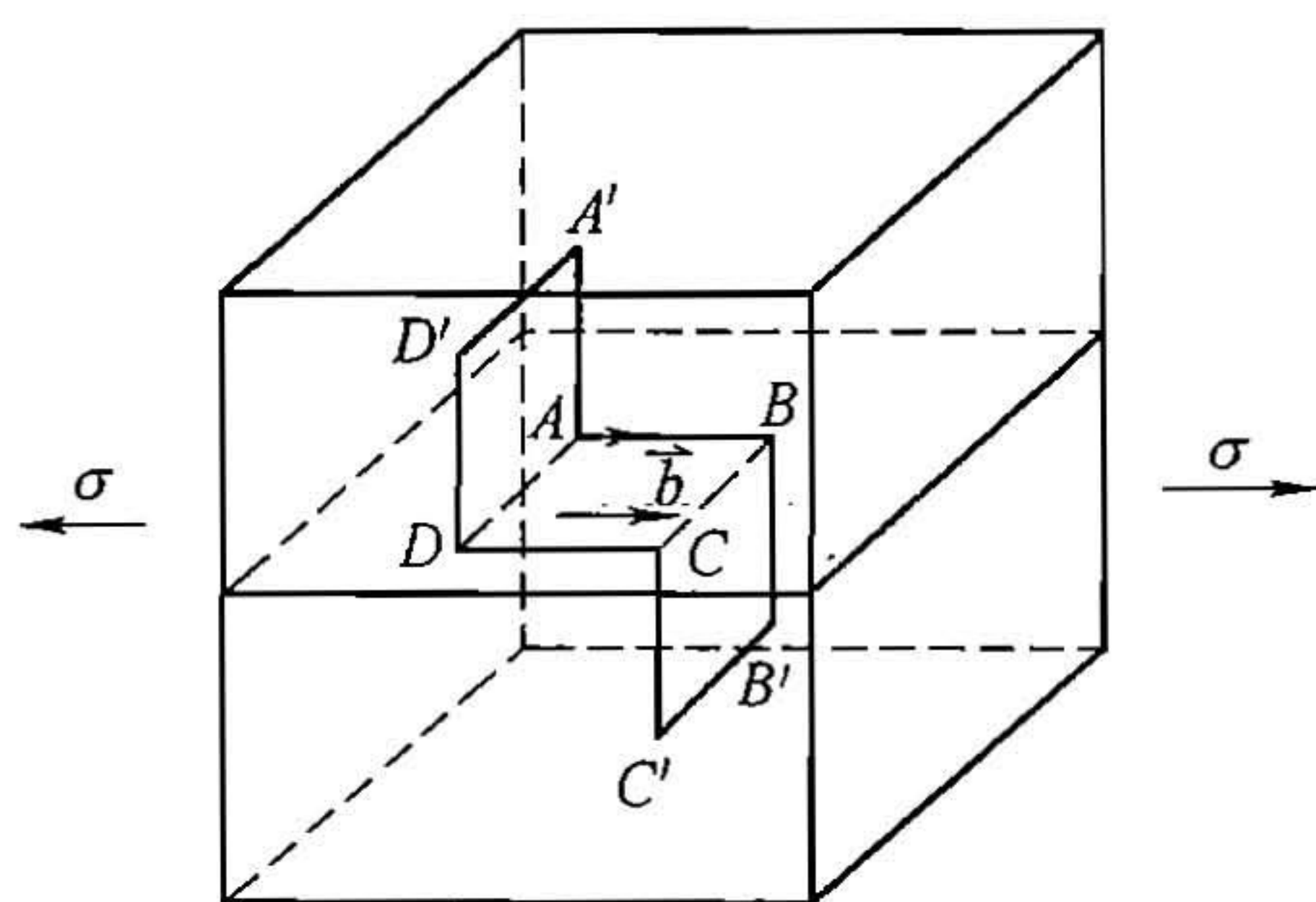


图 26-6 第三题第 2 小题解答图