

2009 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

材料科学基础

一、(每小题 10 分，共 60 分) 简答题

1. 在位错发生滑移时，请分析刃位错、螺位错和混合位错的位错线  $l$  与柏氏矢量  $b$ 、外加切应力  $\tau$  与柏氏矢量  $b$ 、外加切应力  $\tau$  与位错线  $l$  之间的夹角关系，及位错线运动方向。

位错类型	$b$ 与 $l$	$\tau$ 与 $b$	$\tau$ 与 $l$	位错线运动方向
刃位错				
螺位错				
混合位错				

2. 什么是置换固溶体？影响置换固溶体固溶度的因素有哪些？形成无限固溶体的条件是什么？
3. 置换扩散与间隙扩散的扩散系数有何不同？在扩散偶中，如果是间隙扩散，是否会发生柯肯达尔效应？为什么？
4. 在室温下对铁板（其熔点为  $1538^{\circ}\text{C}$ ）和锡板（其熔点为  $232^{\circ}\text{C}$ ）分别进行来回弯折，随着弯折的进行，各会发生什么现象？为什么？
5. 何为固溶强化？请简述其强化机制。
6. 请比较二元共晶转变与包晶转变的异同。

二、(每小题 10 分，共 40 分) 作图计算题

1. 请比较 FCC 晶体中  $b_1 = \frac{a}{2} [111]$  和  $b_2 = a [100]$  两位错的畸变能哪个较大。
2. 面心立方晶体沿  $[001]$  方向拉伸，可能有几个滑移系开动？请写出各滑移系指数，并分别绘图示之。
3. 在 Al 单晶中， $(111)$  面上有一位错  $b_1 = \frac{a}{2} [10\bar{1}]$ ， $(11\bar{1})$  面上有另一位错  $b_2 = \frac{a}{2} [011]$ 。若两位错发生反应，请绘出新位错，并判断其性质。

4. 请分别写出立方晶系中  $\{110\}$  和  $\{100\}$  晶面族包括的晶面。

三、(每小题 25 分, 共 50 分) 综合分析题

1. 请分析影响回复和再结晶的因素各有哪些, 以及影响因素的异同, 并请分析其原因。

2. 图 18-1 为 Ti-Al 二元合金相图。

(1) 请分析并分别写出 1285℃、1125℃ 和 665℃ 三个恒温转变的类型和反应式, 以及 882℃ 时发生两相恒温转变的类型和反应式。

(2) 请绘出  $w = 31\%$  合金平衡结晶的冷却曲线, 并注明各阶段的主要相变反应。

(3) 请分析 500℃ 时,  $w = 31\%$  的合金平衡结晶的相组成物和组织组成物, 并计算其质量分数。(注: 1125℃ 时,  $w_{\alpha\text{Ti}} = 27\%$ ,  $w_{\text{Ti}_3\text{Al}} = 26\%$ ,  $w_{\text{TiAl}} = 35\%$ ; 500℃ 时,  $w_{\text{Ti}_3\text{Al}} = 23\%$ ,  $w_{\text{TiAl}} = 35\%$ )

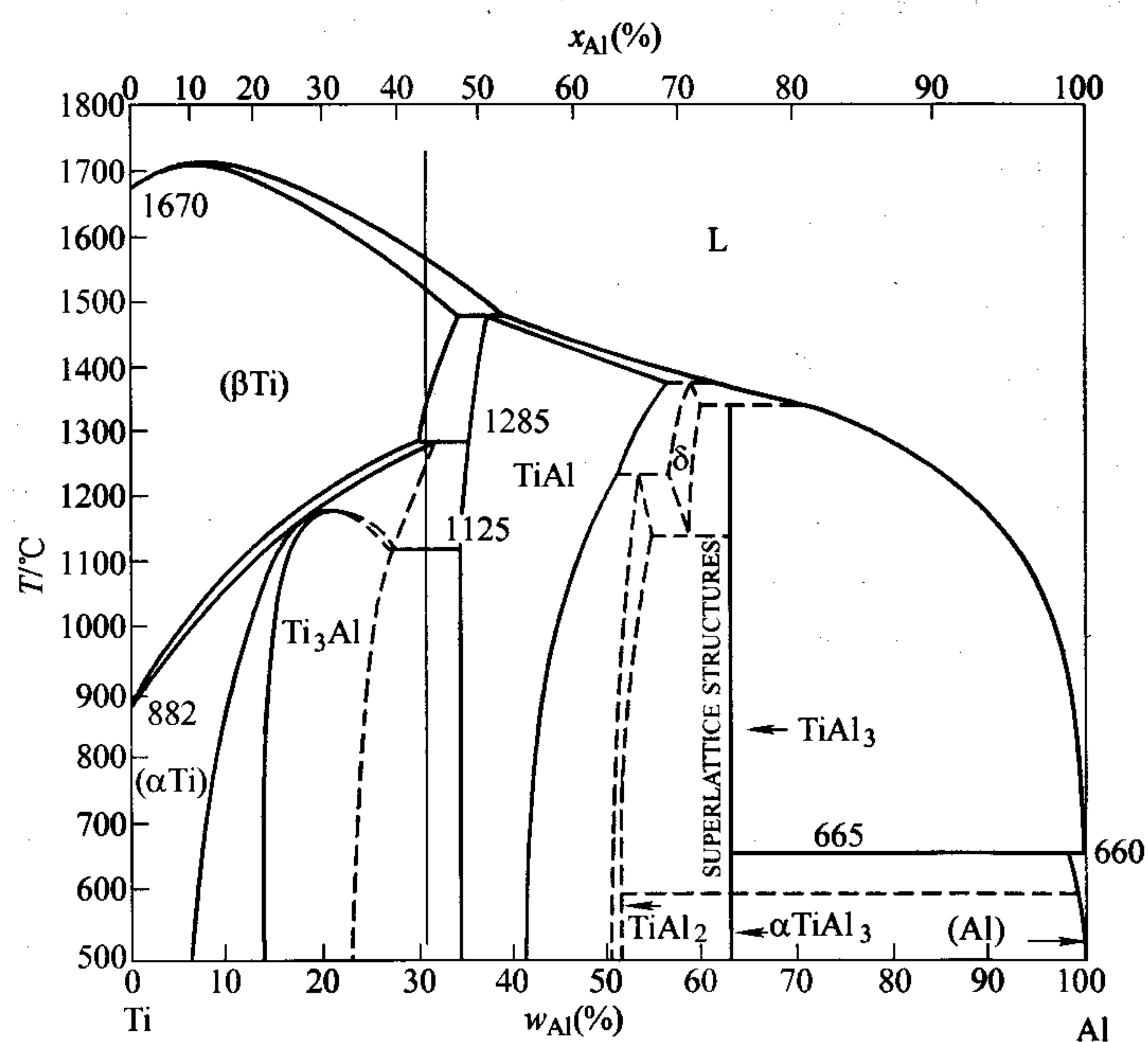


图 18-1 第三题第 2 小题图

## 标准答案

一、  
1.

类型	$b$ 与 $l$	$\tau$ 与 $b$	$\tau$ 与 $l$	位错线运动方向
刃位错	$\perp$	//	$\perp$	法线
螺位错	//	//	//	法线
混合位错	一定角度	// (分量)	一定角度	法线

2. 溶质原子取代溶剂原子，并保持溶剂结构的合金相称为置换固溶体。影响因素有：①原子尺寸；②晶体结构；③电负性；④电子浓度。两组元晶体结构相同是形成无限固溶体的必要条件。

3. 间隙扩散系数与空位浓度无关，而置换扩散系数与空位浓度有关（可用公式表示）。一般地，间隙扩散系数大于置换扩散系数。

不会发生。因为间隙扩散中考虑间隙原子定向流动，未考虑置换互溶式扩散。

4. 根据  $T_{再} = (0.35 \sim 0.45) T_m$  可知，Fe 在室温下加工为冷加工，Sn 在室温下加工为热加工。

因此随着弯曲的进行，铁板发生加工硬化，继续变形，导致铁板断裂。

Sn 板属于热加工，产生动态再结晶，弯曲可长时间弯折。

5. 固溶强化就是溶质原子阻碍位错运动，从而使合金强度提高的现象。主要机制包括：①柯氏气团，即溶质原子的弹性应力场阻碍位错运动；②铃木气团，即溶质原子降低基体层错能，使位错分解为扩展位错，阻碍位错交滑移或攀移；③电交互作用，即带电溶质原子与位错形成静电交互作用，阻碍位错运动。

6. 相同点：恒温、恒成分转变；相图上均为水平线。

不同点：共晶为分解型反应，包晶为合成型反应；共晶线全是固相线，包晶线只有部分是固相线；共晶三角在水平线上，包晶三角在水平线下。

二、

$$1. |b_1| = \frac{a}{2} \sqrt{1+1+1} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$|b_2| = a \sqrt{1+0+0} = a$$

故： $b_1$  的畸变能较小。

2. 共 12 个滑移系，其中可能开动的有 8 个，如图 18-2 所示。

3. 新位错为  $b_3 = \frac{a}{2} [110]$ 。位错线为  $(111)$  面与  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  面的交线  $[\bar{1}10]$ 。两者垂直，因此是刃型位错。如图 18-3 所示。

4.  $\{110\}$ ： $(110) (101) (011) (\bar{1}\bar{1}0) (\bar{1}0\bar{1}) (0\bar{1}\bar{1})$

$\{100\}$ ： $(100) (010) (001) (00\bar{1}) (0\bar{1}0) (\bar{1}00)$

三、



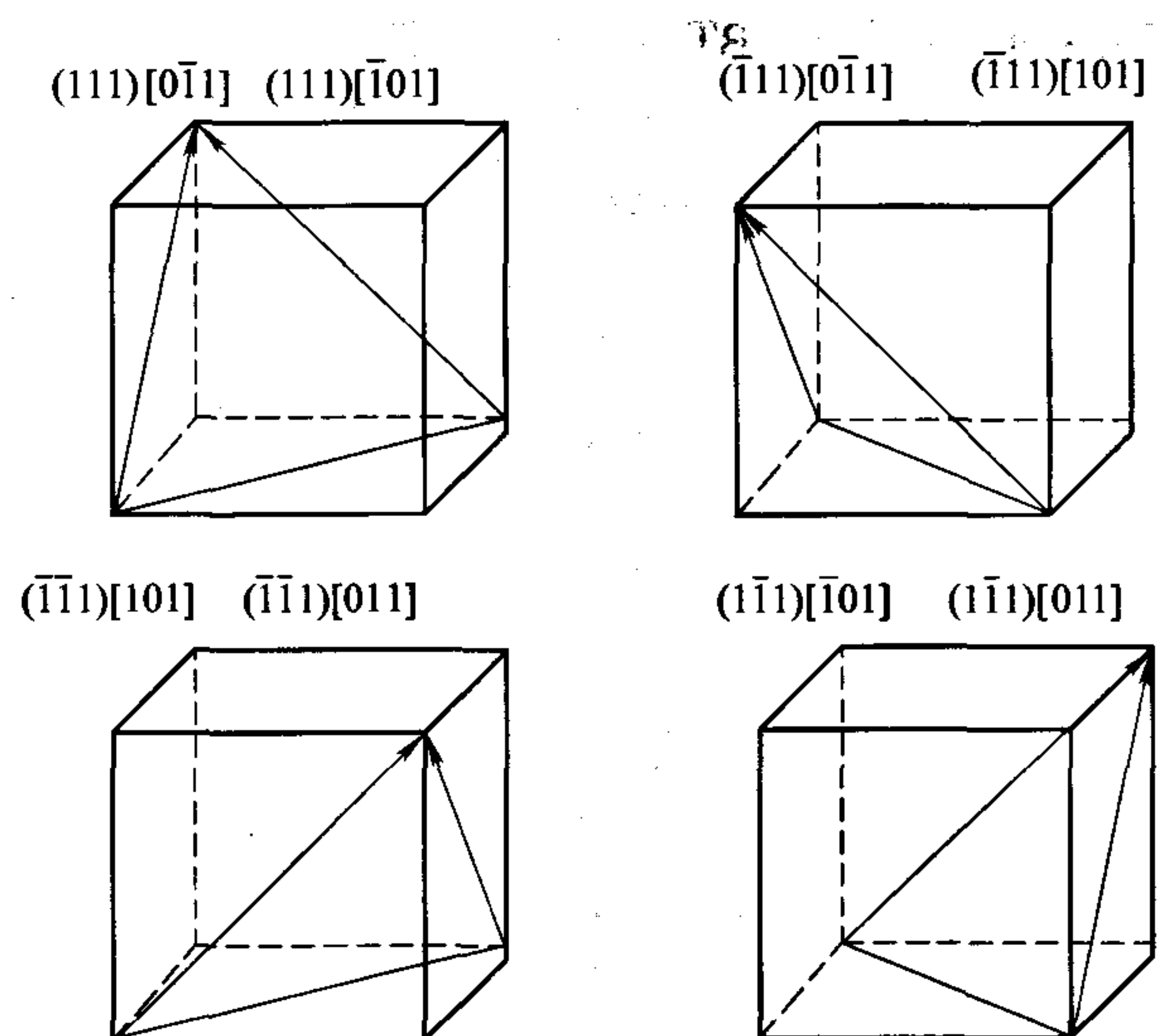


图 18-2 第二题第 2 小题解答图

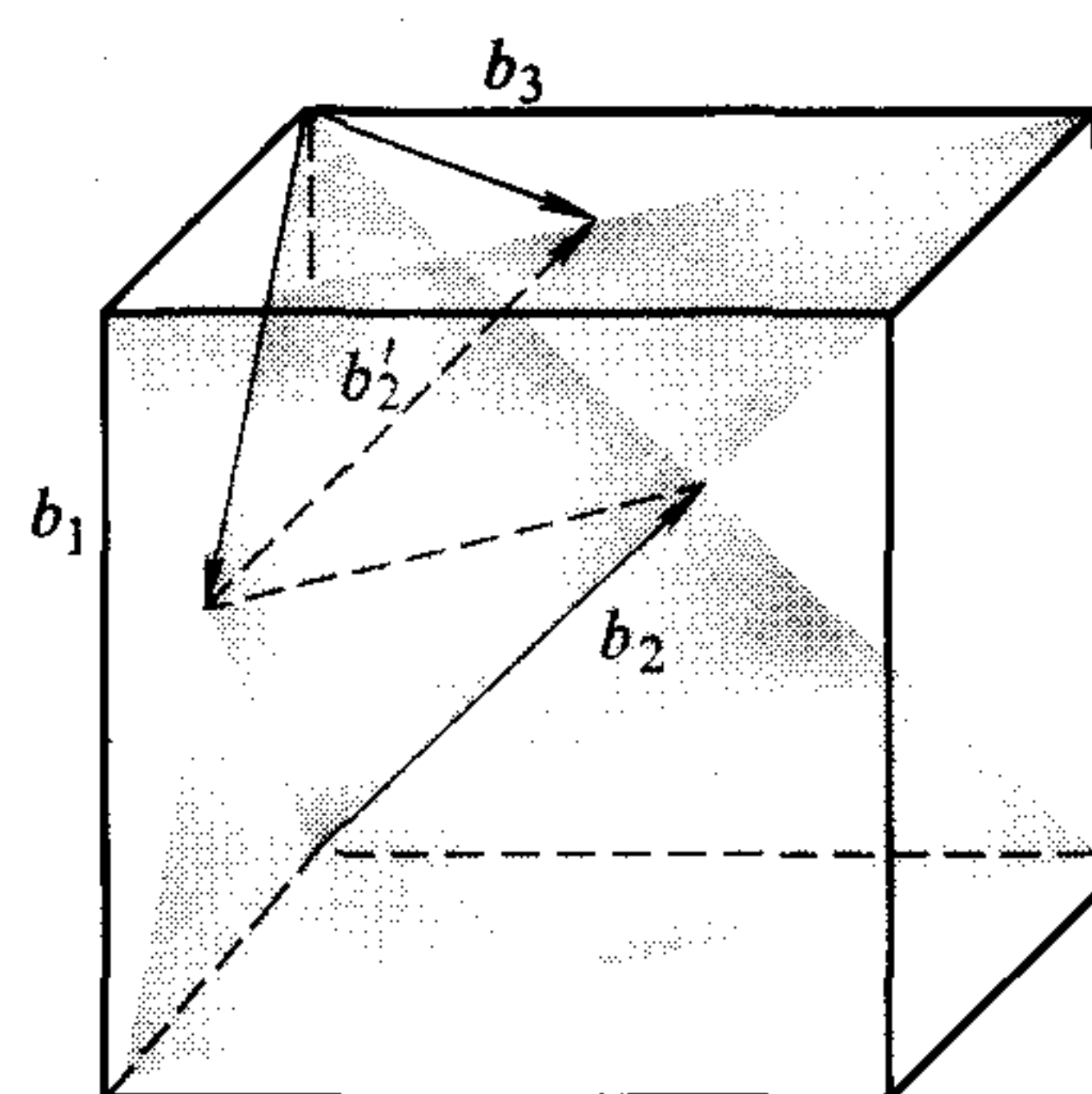


图 18-3 第二题第 3 小题解答图

1.

	回复	再结晶	原因
温度（升）	促进	促进	促进原子扩散
冷变形量（增大）	促进	促进	提供驱动力
溶质原子	阻碍	阻碍	阻碍位错和晶界的运动
第二相粒子	促进	促进或阻碍	既可能提高驱动力，同时也阻碍位错和晶界运动
原始晶粒（细小）	促进	促进	增大再结晶驱动力
晶粒位向	无影响	无影响	
热蚀沟	无影响	一般无影响	尚未形成热蚀沟

2. (1) 1285℃: 包析反应,  $\beta\text{Ti} + \text{TiAl} \rightarrow \alpha\text{Ti}$   
 1125℃: 共析反应,  $\alpha\text{Ti} \rightarrow \text{Ti}_3\text{Al} + \text{TiAl}$   
 665℃: 包晶反应,  $\text{L} + \text{TiAl}_3 \rightarrow \text{Al}$   
 882℃: 同素异构转变,  $\beta\text{Ti} \rightarrow \alpha\text{Ti}$

(2) 如图 18-4 所示。

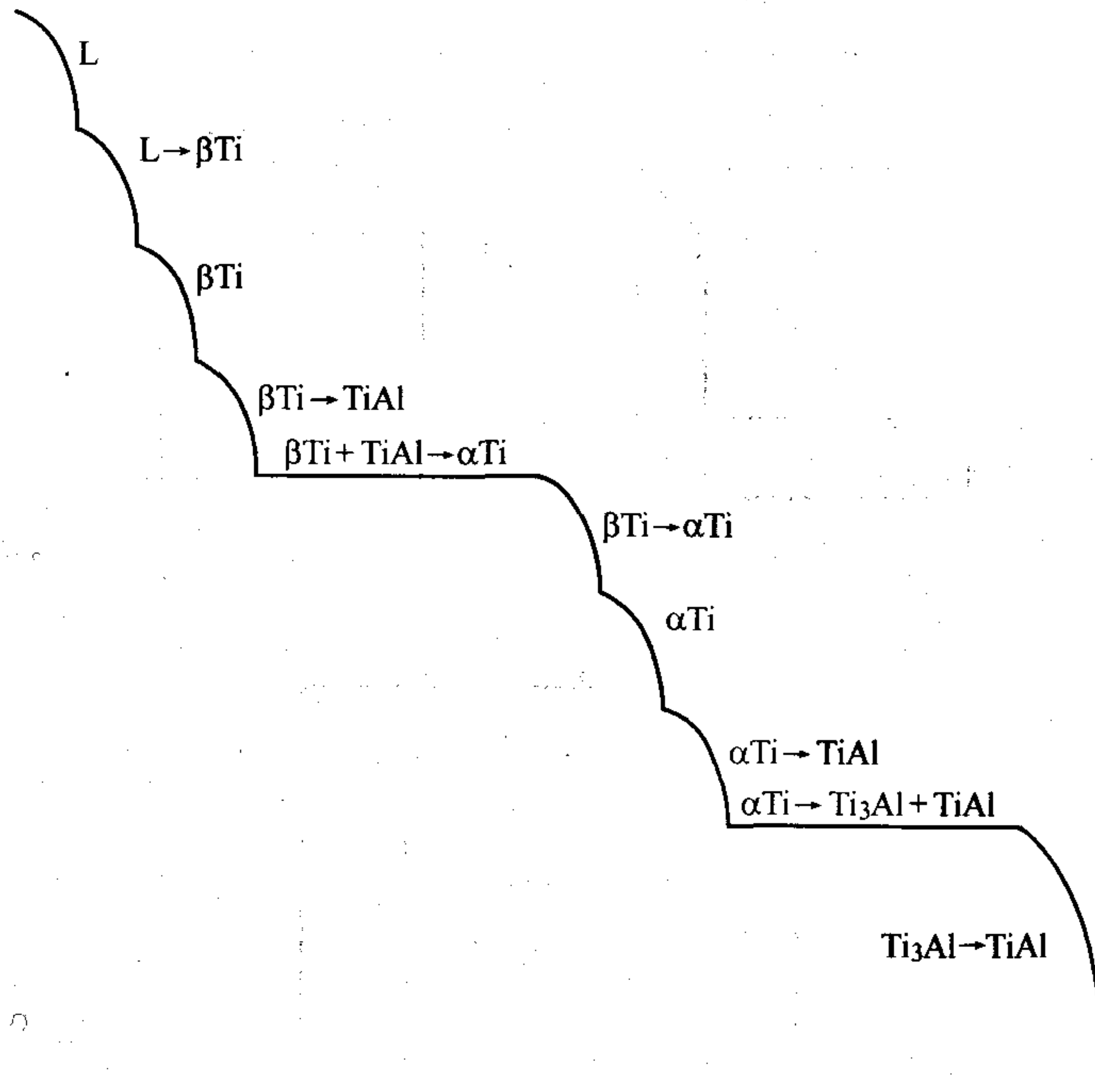


图 18-4 第三题第 2 小题解答图

(3) 相组成:  $\text{Ti}_3\text{Al}$ 、 $\text{TiAl}$ 。

$$w_{\text{Ti}_3\text{Al}} = \frac{35 - 31}{35 - 23} \times 100\% = 33.3\%$$

$$w_{\text{TiAl}} = 1 - w_{\text{Ti}_3\text{Al}} = 66.7\%$$

组织组成:  $\text{TiAl}$ 、 $(\text{Ti}_3\text{Al} + \text{TiAl})_{\text{共}}$ 。

$$w_{\text{TiAl}} = \frac{31 - 27}{35 - 27} \times 100\% = 50\%$$

$$w_{(\text{Ti}_3\text{Al} + \text{TiAl})_{\text{共}}} = 1 - w_{\text{TiAl}} = 50\%$$