

目录

2019 年北京理工大学材料学院	839 材料科学基础考研强化五套模拟题（一） 2
2019 年北京理工大学材料学院	839 材料科学基础考研强化五套模拟题（二） 10
2019 年北京理工大学材料学院	839 材料科学基础考研强化五套模拟题（三） 16
2019 年北京理工大学材料学院	839 材料科学基础考研强化五套模拟题（四） 25
2019 年北京理工大学材料学院	839 材料科学基础考研强化五套模拟题（五） 31

2019年北京理工大学材料学院 839 材料科学基础考研强化五套模拟题（一）

特别说明：

1-本资料为 2019 考研学员暑期强化班模拟题，检验强化阶段复习质量及复习效果使用。

2-资料仅供考研复习参考，与目标学校及研究生院官方无关，如有侵权、请联系我们立即处理。

一、计算题

1. 已知某晶体在 500 °C 时，每 10^{10} 原子中可以形成有 1 个空位，请问该晶体的空位形成能是多少？（已知该晶体的常数 $A=0.0539$ ，波耳兹曼常数 $k=1.381 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ）

【答案】

$$c = A \exp \left(-\frac{\Delta E_v}{kT} \right)$$

$$\Delta E_v = -kT \ln \frac{c}{A} = -[1.381 \times 10^{-23} \times (500 + 273)] \ln \frac{10^{-10}}{0.0539} \text{ J}$$

$$= 1.068 \times 10^{-20} \times 17.8 = 1.9 \times 10^{-19} \text{ J}$$

2. 在晶格常数为 a 的体心立方单晶体的 $[123]$ 方向进行压缩变形，已知其屈服强度为 σ 。

（1）写出晶体的始滑移系及其可能的交滑移系。

（2）计算晶体开始滑移的临界分切应力 τ_c 。

（3）分别写出屈服时晶体中所开动的刃位错和螺位错的位错线方向及柏氏矢量，以及它们滑移运动的方向。

（4）若该压缩试样的一个自由表面为 $(11\bar{1})$ ，写出该面上滑移线的方向。

【答案】（1）体心立方晶体共有 12 个可能的滑移系 $[110] \langle \bar{1}11 \rangle$ 。根据作用在滑移系上的分切应力 $\tau = \sigma \cos \phi \cos \lambda$ ，施密特因子 $\cos \phi \cos \lambda$ 最大的滑移系为始滑移系。也可以使用立方晶系的标准投影图进行判断。结果如下：始滑移系为 $(101) [\bar{1}11]$ 。

可能的交滑移系为：始滑移系可能的交滑移系是所有 12 个滑移系中与始滑移系有相同滑移方向但不同滑移面的那些滑移系，由此可以得出如下结果： $(110) [\bar{1}11]$ 和 $(0\bar{1}1) [\bar{1}11]$ 。

（2） $\tau_c = \sigma_s \cos \phi \cos \lambda$

$$= \sigma_s \frac{[101] \cdot [123]}{|101| \times |123|} \frac{[\bar{1}11] \cdot [123]}{|\bar{1}11| \times |123|} = \sigma_s \frac{4}{\sqrt{2} \times \sqrt{14}} \frac{4}{\sqrt{3} \times \sqrt{14}} = \frac{4\sqrt{6}}{21} \sigma_s$$

（3）晶体的滑移实际上是晶体滑移面内柏氏矢量与晶体滑移方向相同的位错线滑移运动的结果。

因此，可得如下结果：

刃位错：位错线方向为 $[\bar{1}21]$ ，柏氏矢量为 $\frac{a}{2} [\bar{1}11]$ ，滑移运动方向为 $[\bar{1}11]$ 。

螺位错：位错线方向为 $[\bar{1}11]$ ，柏氏矢量为 $\frac{a}{2} [\bar{1}11]$ ，滑移运动方向为 $[\bar{1}21]$ 。

（4）晶体的滑移面与晶体外表面的交线是可能的滑移线，其中，与晶体的滑移方向不平行的那些交线便是滑移线。

$$[101] \times [\bar{1}11] = [\bar{1}21] \neq [\bar{1}11]$$

故滑移线的方向为： $[\bar{1}21]$

3. 在铜单晶体中的 (111) 和 $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 滑移面上各存在一个柏氏矢量为 $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}0]$ 和 $\frac{a}{2}[011]$ 的全位错。当它们分解为扩展位错时，其领先位错分别为 $\frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}]$ 和 $\frac{a}{6}[\bar{1}21]$ 。

(1) 当两领先位错在各自的滑移面上运动相遇时，发生了新的位错反应。试写出其位错反应式，判断该反应是否自发进行？并分析该新生成的位错其位错特性和运动性质；

(2) 已知铜单晶点阵常数 $a=0.36\text{nm}$ ，切变模量 $G=4\times 10^4\text{MPa}$ ，层错能 $\gamma=0.04\text{J/m}^2$ ，试求上述柏氏矢量为 $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}0]$ 的位错形成扩展位错的宽度。

【答案】(1) $\frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}] + \frac{a}{6}[\bar{1}21] \rightarrow \frac{a}{6}[110]$

晶体学条件： $\sum \bar{b}_{\text{反应前}} = \sum \bar{b}_{\text{反应后}}$

能量条件： $\sum |\bar{b}_{\text{反应前}}|^2 = \left(\frac{a}{b}\right)^2 (\sqrt{2^2+1^2+1^2})^2 + \left(\frac{a}{b}\right)^2 (\sqrt{1^2+2^2+1^2})^2 = \frac{a^2}{3}$

$\sum |\bar{b}_{\text{反应后}}|^2 = \left(\frac{a}{b}\right)^2 (\sqrt{1^2+1^2})^2 = \frac{a^2}{18}$ ， $\sum \bar{b}_{\text{反应前}} > \sum \bar{b}_{\text{反应后}}$

根据上面两个条件，可判断上面反应可以进行。上述新生成位错 $\frac{a}{6}[110]$ 的位错线即为两滑移面交线，故位

错线： $\bar{\xi} = \bar{n}_1 \times \bar{n}_2 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = [\bar{1}10]$ (\bar{n}_1 、 \bar{n}_2 分别为两滑移面法线矢量)

$\bar{\xi} \cdot \bar{b} = 0$ ，故 $\bar{\xi} \perp \bar{b}$ ，该新生位错为刃型位错。

(2) 已知该新生位错的位错线及柏氏矢量，可由它们叉乘得到新生位错滑移面的法向量：

$$\bar{n}_3 = \bar{\xi} \times \bar{b} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = [00\bar{1}]$$

该位错的滑移面为 $(00\bar{1})$ 。

因该滑移面不在密排面上，且两边都有层错区连接，形成了稳定的压杆位错，故该位错不能滑移。

可得 $u=1$ ， $v=-2$ ， $w=1$ ，即： $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}0] \rightarrow \frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}] + \frac{a}{6}[\bar{1}21]$

$$d = \frac{G\bar{b}_1 \cdot \bar{b}_2}{2\pi\lambda} = \frac{G\frac{a}{b}[2\bar{1}\bar{1}] \cdot \frac{a}{b}[\bar{1}21]}{2\pi\lambda} = \frac{4 \times 10^4 \times 10^6 \times \frac{0.36^2}{36} \times [2 \times 1 + 1 \times 2 - 1 \times 1]}{2\pi \times 0.04 \times 10^9} = 1.72\text{nm}$$

4. W-Cr-Ni三元合金 800 °C 等温截面图如图 1 所示。

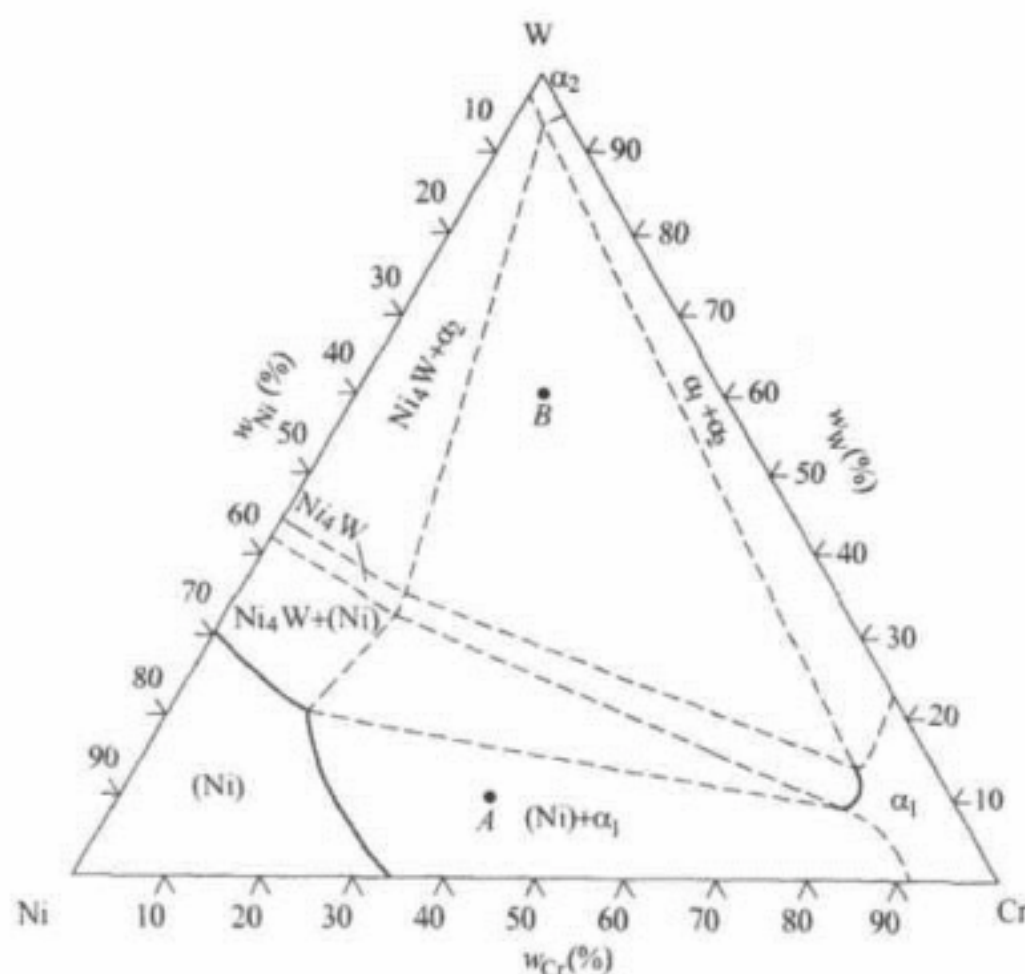


图 1

(1) 确定图中 A 合金的成分，写出它在该温度时的相组成物，在图中标出各组成相的成分点，并计算各相的质量百分数（用字母列式表示即可）。

(2) 确定图中 B 合金的成分，写出它在该温度时的相组成物，在图中标出各组成相的成分点，并计算各相的质量百分数（用字母列式表示即可）。

【答案】 (1) A 合金的成分：50% Ni-40% Cr-10% W

相组成物：(Ni) + α_1

各相的成分：如图 2 所示，(Ni) 的成分为 a 点； α_1 的成分为 b 点。

各相的质量分数： $w_{Ni} = \frac{Ab}{ab} \times 100\%$

$w_{\alpha_1} = \frac{Aa}{ab} \times 100\%$

(2) B 合金的成分：20%Ni-20%Cr-60%W。

相组成物： $\alpha_1 + \alpha_2 + Ni_4W$ 。

各相的成分：如图 2 所示， α_1 的成分为 e 点； α_2 的成分为 c 点； Ni_4W 的成分为 d 点。

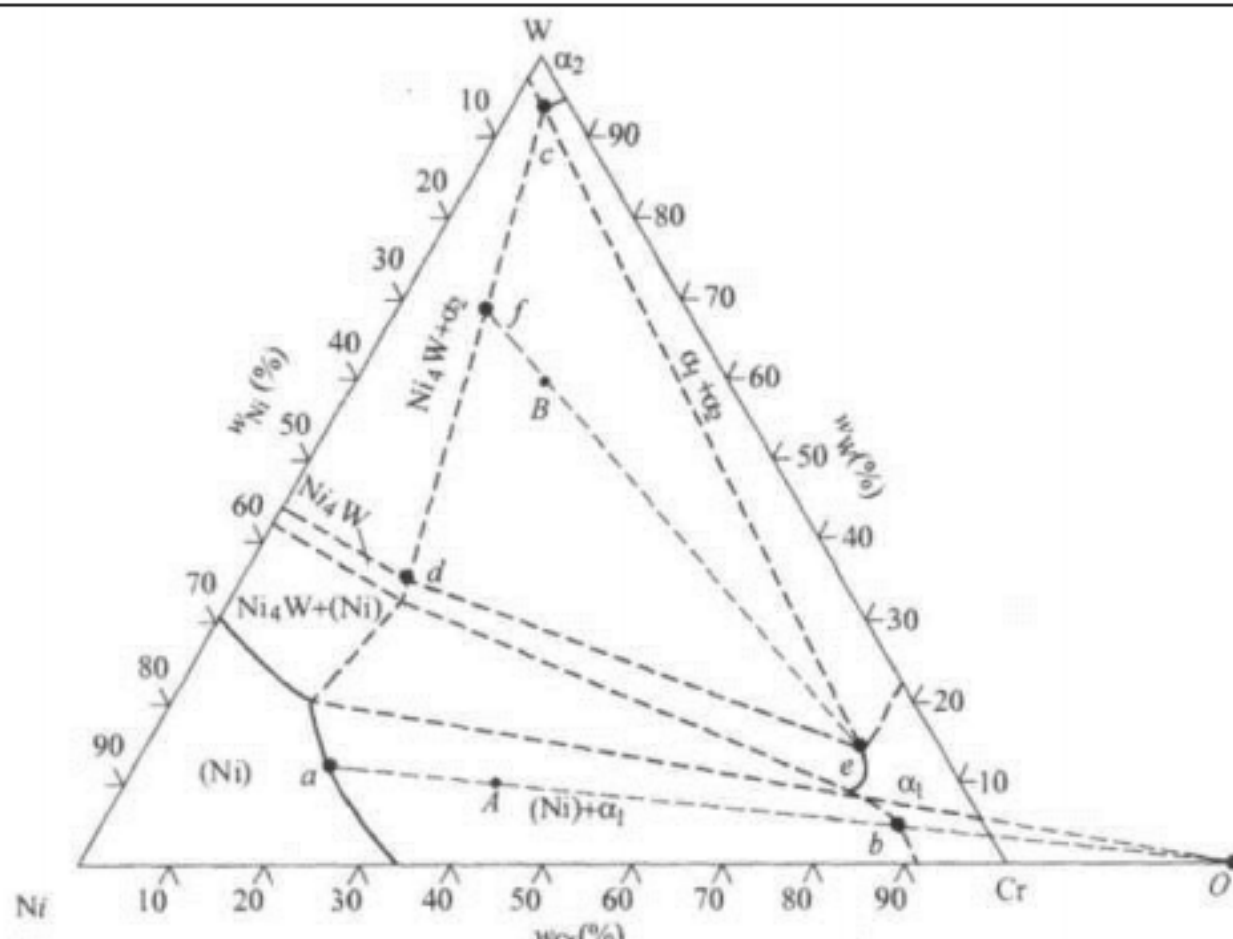


图 2

各相的质量分数： $w_{\alpha_1} = \frac{Bf}{ef} \times 100\%$

$$w_{\alpha_2} = \frac{Be}{ef} \times \frac{df}{dc} \times 100\%$$

$$w_{Ni_4W} = \frac{Be}{ef} \times \frac{cf}{dc} \times 100\%$$

5. 如果外加应力是均匀分布的，求作用于任意位错环上的净力。

【答案】一般情形下位错受力公式为 $dF = (\sigma \cdot b) \times dl$ ，又因为外加应力均匀分布， σ 和 b 都为常量，所以任意位错环上的净力为

$$\oint dF = \oint (\sigma \cdot b) \times dl = (\sigma \cdot b)$$

6. 计算铁碳相图中，含铁 1.8% 的合金凝固到室温后，各组织的相对量。

【答案】铁碳相图中，含铁 1.8% 的合金凝固到室温后得到的组织为 $P + Fe_3C_{II}$ 。

根据杠杆的定理列式计算各组织含量：

$$Fe_3C_{II} \% = \frac{1.8 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 13.40\%, \quad P\% = \frac{6.69 - 1.8}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 82.60\%$$

7. 实验中发现，在 $\alpha\text{-Fe}$ 中可以通过 $\frac{a}{2}[11\bar{1}] + \frac{a}{2}[\bar{1}11] \rightarrow a[100]$ 反应形成 $[100]$ 位错，在 Fe 晶胞中表示这一反应，并证明此位错反应可以发生。

【答案】如图所示，由位错反应的几何条件 $\bar{b}_1 + \bar{b}_2 \rightarrow \bar{b}_3$ ，即： $\frac{a}{2}[11\bar{1}] + \frac{a}{2}[\bar{1}11] \rightarrow a[100]$

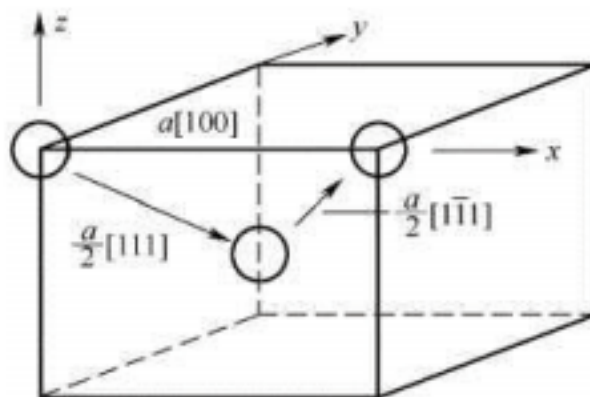
由位错反应的能量条件，即位错反应必须是一个能量降低的反应。

$$|\bar{b}| = a\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$$

$$\bar{b}_1 = \frac{1}{2}\sqrt{1+1+1}a = \frac{\sqrt{3}}{2}a, \quad \bar{b}_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}a, \quad \bar{b}_3 = \sqrt{1}a = a$$

$$|\bar{b}_1|^2 + |\bar{b}_2|^2 > |\bar{b}_3|^2, \quad \left(\frac{3}{4} + \frac{3}{4}\right)a^2 > 1a^2$$

可见，此位错反应满足几何条件及能量条件，故反应可以发生。



图

8. 假定均匀形核时形成边长为 a 的立方体形晶核，单位体积吉布斯自由能为 ΔG_V ，单位面积界面能为 σ 。

- (1) 求临界晶核边长。
- (2) 求临界晶核形成功。
- (3) 求临界晶核形成功与界面能的关系。

【答案】(1) 形核时的吉布斯自由能变化为

$$\Delta G = V\Delta G_V + A\sigma = a^3\Delta G_V + 6a^2\sigma$$

令

$$\frac{d(\Delta G)}{da} = 0$$

得临界晶核边长

$$a^* = -\frac{4\sigma}{\Delta G_V}$$

(2) 临界晶核形成功

$$\begin{aligned} \Delta G^* &= V^*\Delta G_V + A^*\sigma = \left(-\frac{4\sigma}{\Delta G_V}\right)^3\Delta G_V + 6\left(-\frac{4\sigma}{\Delta G_V}\right)^2\sigma \\ &= -\frac{64\sigma^3}{(\Delta G_V)^2} + \frac{96\sigma^3}{(\Delta G_V)^2} = \frac{32\sigma^3}{(\Delta G_V)^2} \end{aligned}$$

(3) 由上式可见，

$$\begin{aligned} \Delta G^* &= \frac{32\sigma^3}{(\Delta G_V)^2} \\ A^*\sigma &= \frac{96\sigma^3}{(\Delta G_V)^2} \end{aligned}$$

故

$$\Delta G^* = \frac{1}{3}A^*\sigma$$

9. 证明：对于立方晶系，有 $[hkl] \perp (hkl)$ 。

【答案】本题要求证明的结论是，在立方晶系中相同指数的晶向与晶面相互垂直。根据晶面指数