

1. 有一硅单晶片，厚 0.5mm，其一面每 10^7 个硅原子包含两个镓原子，另一个面经处理后含镓的浓度增高。试求在该面上每 10^7 个硅原子需包含几个镓原子，才能使浓度梯度为 2×10^{-26} 原子/ m^3m 硅的晶格常数为 0.357nm。

2. 为研究稳态条件下间隙原子在面心立方金属中的扩散情况，在厚 0.25mm 的金属薄膜的一个端面(面积 1000mm^2) 保持对应温度下的饱和间隙原子，另一端面为间隙原子为零。测得下列数据：

温度(K)	薄膜中间隙原子的溶解度 (kg/m^3)	间隙原子通过薄膜的速率 (g/s)
1223	14.4	0.0025
1136	19.6	0.0014

计算在这两个温度下的扩散系数和间隙原子在面心立方金属中扩散的激活能。

3. 一块含 0.1%C 的碳钢在 930°C 渗碳，渗到 0.05cm 的地方碳的浓度达到 0.45%。在 $t > 0$ 的全部时间，渗碳气氛保持表面成分为 1%，

4. 根据上图 4-2 所示实际测定 $\lg D$ 与 $1/T$ 的关系图，计算单晶体银和多晶体银在低于 700°C 温度范围的扩散激活能，并说明两者扩散激活能差异的原因。

5. 设纯铬和纯铁组成扩散偶，扩散 1 小时后，Matano 平面移动了 $1.52 \times 10^{-3}\text{cm}$ 。已知摩尔分数 $C_{\text{Cr}}=0.478$ 时， $dC/dx=126/\text{cm}$ ，互扩散系数为 $1.43 \times 10^{-9}\text{cm}^2/\text{s}$ ，试求 Matano 面的移动速度和铬、铁的本征扩散系数 D_{Cr} ， D_{Fe} 。(实验测得 Matano 面移动距离的平方与扩散时间之比为常数。 $D_{\text{Fe}}=0.56 \times 10^{-9}(\text{cm}^2/\text{s})$)

6. 对于体积扩散和晶界扩散，假定 $Q_{\text{晶界}} \approx 1/2 Q_{\text{体积}}$ ，试画出其 $\ln D$ 相对温度倒数 $1/T$ 的曲线，并指出约在哪个温度范围内，晶界扩散起主导作用。

7. γ 铁在 925°C 渗碳 4h，碳原子跃迁频率为 $1.7 \times 10^9/\text{s}$ ，若考虑碳原子在 γ 铁中的八面体间隙跃迁，(a)求碳原子总迁移路程 S ；(b)求碳原子总迁移的均方根位移；(c)若碳原子在 20°C 时跃迁频率为 $\Gamma=2.1 \times 10^{-9}/\text{s}$ ，求碳原子的总迁移路程和均方根位移。

8. 假定聚乙烯的聚合度为 2000，键角为 109.5° ，求伸直链的长度为 L_{max} 与自由旋转链的均方根末端距之比值，并解释某些高分子材料在外力作用下可产生很大变形的原因。($l=0.154\text{nm}$, $h^2=nl^2$)

9. 已知聚乙烯的 $T_g=-68^\circ\text{C}$ ，聚甲醛的 $T_g=-83^\circ\text{C}$ ，聚二甲基硅氧烷的 $T_g=-128^\circ\text{C}$ ，试分析高分子链的柔顺性与它们的 T_g 的一般规律。

10. 试分析高分子的分子链柔顺性和分子量对粘流温度的影响。

11. 有两种激活能分别为 $E_1=83.7\text{KJ/mol}$ 和 $E_2=251\text{KJ/mol}$ 的扩散反应。观察在温度从 25°C 升高到 600°C 时对这两种扩散的影响，并对结果作出评述。

12. 碳在 α -Ti 中的扩散速率 $D(\text{m}^2/\text{s})$ 在以下测量温度被确定: 736°C 时为 2×10^{-13} ; 782°C 时为 5×10^{-13} ; 835°C 时为 1.3×10^{-12} 。(a) 试确定公式 $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ 是否适用; 若适用, 则计算出扩散常数 D_0 和激活能 Q 。(b) 试求出 500°C 下的扩散速率。

13. 在 950°C 下对纯铁进行渗碳, 并希望在 0.1mm 的深度得到 $0.9\text{wt}\%$ 的碳含量。假设表面碳含量保持在 $1.20\text{wt}\%$, 扩散系数 $D_{\gamma\text{-Fe}} = 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ 。计算为达到此要求至少要渗碳多少时间。

14. 在 NiO 中引入高价的 W^{6+} 。(a) 将产生什么离子的空位? (b) 每个 W^{6+} 将产生多少个空位? (c) 比较 NiO 和渗 W 的 NiO (即 NiO-WO_3) 的抗氧化性哪个好?

15. 已知 Al 在 Al_2O_3 中扩散常数 $D_0 = 2.8 \times 10^{-3} (\text{m}^2/\text{s})$, 激活能 $477 (\text{KJ/mol})$, 而 O 在 Al_2O_3 中的 $D_0 = 0.19 (\text{m}^2/\text{s})$, $Q = 636 (\text{KJ/mol})$ 。(a) 分别计算两者在 2000K 温度下的扩散系数 D ; (b) 说明它们扩散系数不同的原因。

16. 在一富碳的环境中对钢进行渗碳, 可以硬化钢的表面。已知在 1000°C 下进行这种渗碳热处理, 距离钢的表面 1mm 处到 2mm 处, 碳含量从 $5\text{at}\%$ 减到 $4\text{at}\%$ 。估计在近表面区域进入钢的碳原子的流入量 $J(\text{atoms}/\text{m}^2\text{s})$ 。($\gamma\text{-Fe}$ 在 1000°C 的密度为 $7.63\text{g}/\text{cm}^3$, 扩散常数 $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$, 激活能 $Q = 142\text{kJ/mol}$)。

17. 名词解释

晶界能, 小角度晶界, 晶界偏析

18. 问答

- 1) 试述晶界的特性。
- 2) 分析晶界能的变化。
- 3) 分析影响晶界迁移的因素。

19. 有一根长为 5m , 直径为 3mm 的铝线, 已知铝的弹性模量为 70GPa , 求在 200N 的拉力作用下, 此线的总长度。

20. 一 Mg 合金的屈服强度为 180MPa , E 为 45GPa , a) 求不至于使一块 $10\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的 Mg 板发生塑性变形的最大载荷; b) 在此载荷作用下, 该镁板每 mm 的伸长量为多少?

21. 有一 70MPa 应力作用在 fcc 晶体的 $[001]$ 方向上, 求作用在 (111) $[\bar{1}01]$ 和 (111) $[\bar{1}10]$ 滑移系上的分切应力。

22. Zn 单晶在拉伸之前的滑移方向与拉伸轴的夹角为 45° , 拉伸后滑移方向与拉伸轴的夹角为 30° , 求拉伸后的延伸率。

23. 已知平均晶粒直径为 1mm 和 0.0625mm 的 $\alpha\text{-Fe}$ 的屈服强度分别为 112.7MPa 和 196MPa , 问平均晶粒直径为 0.0196mm 的纯铁的屈服强度为多少?

24. 铁的回复激活能为 88.9 kJ/mol, 如果经冷变形的铁在 400℃进行回复处理, 使其残留加工硬化为 60%需 160 分钟, 问在 450℃回复处理至同样效果需要多少时间?

25. 已知 H70 黄铜 (30%Zn) 在 400℃的恒温下完成再结晶需要 1 小时, 而在 390℃完成再结晶需要 2 小时, 试计算在 420℃恒温下完成再结晶需要多少时间?

26. 对于预先经过退火的金属多晶体, 其真实应力—应变曲线的塑性部分可近似表示 $\sigma_r = k\epsilon_r^n$, 其中 k 和 n 为经验常数, 分别称为强度系数和应变硬化指数。若有 A, B 两种材料, 其 k 值大致相等, 而 $n_A = 0.5$, $n_B = 0.2$, 则问 a) 那一种材料的硬化能力较高, 为什么? b) 同样的塑性应变时, A 和 B 哪个位错密度高, 为什么?

c) 导出应变硬化指数 n 和应变硬化率 $\{\theta = d\sigma_r/d\epsilon_r\}$ 之间的数学公式。

27. 有一 70MPa 应力作用在 fcc 晶体的 [001] 方向上, 求作用在 (111)[10-1] 和 (111)[-110] 滑移系上的分切应力。

28. 有一 bcc 晶体的 (110)[111] 滑移系的临界分切力为 60MPa, 试问在 [001] 和 [010] 方向必须施加多少的应力才会产生滑移?

29. Zn 单晶在拉伸之前的滑移方向与拉伸轴的夹角为 45°, 拉伸后滑移方向与拉伸轴的夹角为 30°, 求拉伸后的延伸率。

30. Al 单晶制成拉伸试棒 (其截面积为 9mm²) 进行室温拉伸, 拉伸轴与 [001] 交成 36.7°, 与 [011] 交成 19.1°, 与 [111] 交成 22.2°, 开始屈服时载荷为 20.40N, 试确定主滑移系的分切应力。

31. Mg 单晶体的试样拉伸时, 三个滑移方向与拉伸轴分别交成 38°、45°、85°, 而基面法线与拉伸轴交成 60°。如果在拉应力为 2.05MPa 时开始观察到塑性变形, 则 Mg 的临界分切应力为多少?

32. MgO 为 NaCl 型结构, 其滑移面为 {110}, 滑移方向为 <110>, 试问沿哪一方向拉伸(或压缩)不能引起滑移?

33. 一个交滑移系包括一个滑移方向和包含这个滑移方向的两个晶面, 如 bcc 晶体的 (101)[-111](110), 写出 bcc 晶体的其他三个同类型的交滑移系。

34. fcc 和 bcc 金属在塑性变形时, 流变应力与位错密度 ρ 的关系为 $\tau = \tau_0 + \alpha Gb\sqrt{\rho}$, 式中 τ_0 为没有干扰位错时, 使位错运动所需的应力, 也即无加工硬化时所需的切应力, G 为切变模量, b 为位错的柏氏矢量, α 为与材料有关的常数, 为 0.3~0.5。实际上, 此公式也是加工硬化方法的强化效果的定量关系式。若 Cu 单晶体的 $\tau_0 = 700\text{kPa}$, 初始位错密度 $P = 10^5\text{cm}^{-2}$, 则临界分切应力为多少? 已知 Cu 的 $G = 42 \times 10^3\text{MPa}$, $b = 0.256\text{nm}$, [111] Cu 单晶产生 1%塑性变形所对应的 $\sigma = 40\text{MPa}$, 求它产生 1%塑性变形后的位错密度。

35. 试指出 Cu 和 $\alpha\text{-Fe}$ 两晶体易滑移的晶面和晶向, 并求出他们的滑移面间距, 滑移方向上的原子间及点阵阻力。(已知 $G_{\text{Cu}} = 483\text{GPa}$, $G_{\alpha\text{-Fe}} = 81.6\text{GPa}$, $\nu = 0.3$)。

36. 设运动位错被钉扎以后, 其平均间距 $l = \rho^{-1/2}$ (ρ 为位错密度), 又设 Cu 单晶已经应变硬化到这种程度, 作用在该晶体所产生的分切应力为 14 MPa, 已知 $G = 40\text{GPa}$, $b = 0.256\text{nm}$, 计算 Cu 单晶的位错密度。

37. 设合金中一段直位错线运动时受到间距为 l 的第二相粒子的阻碍, 试求证使位错按绕过机制继续运动所需的切应力为: $\tau = 2T/(b\lambda) = Gb/(2\pi r) \times B \ln(\lambda/(2r_0))$, 式中 T —线张力, b —柏氏矢量, G —切变模量, r_0 —第二相粒子半径, B —常数。

38. 已知平均晶粒直径为 1mm 和 0.0625mm 的 α -Fe 的屈服强度分别为 112.7MPa 和 196MPa, 问平均晶粒直径为 0.0196mm 的纯铁的屈服强度为多少?
39. 现有一 $\Phi 6\text{mm}$ 铝丝需最终加工至 $\Phi 0.5\text{mm}$ 铝材, 但为保证产品质量, 此丝材冷加工量不能超过 85%, 如何制定其合理加工工艺?
40. 铁的回复激活能为 88.9KJ/mol, 如果经冷变形的铁在 400°C 进行恢复处理, 使其残留加工硬化为 60% 需 160 分钟, 问在 450°C 回复处理至同样效果需要多少时间?
41. Ag 冷加工后位错密度为 $10^{12}/\text{cm}^2$, 设再结晶晶核自大角度晶界向变形基体移动, 求晶界弓出的最小曲率半径(Ag: $G=30\text{GPa}$, $b=0.3\text{nm}$, $r=0.4\text{J/m}^2$).
42. 若将再结晶温度定义为退火 1 小时内完成转变量达 95% 的温度, 已知获得 95% 转变量需要的时间 $t_{0.95}$: $t_{0.95}=[2.85/(NG^3)]^{1/4}$, 式中 N 、 G 分别为在结晶的形核率和长大线速度: $N=N_0\exp(-Q_n/(kT))$, $g=G_0\exp(-Q_g/(kT))$.
- 根据上述方程导出再结晶温度 T_R 与 G_0 、 N_0 、 Q_g 及 Q_n 的函数关系;
 - 说明下列因素是怎样影响 G_0 、 N_0 、 Q_g 及 Q_n 的: 1) 预变形度; 2) 原始晶粒度; 3) 金属纯度。
 - 说明上述三因素是怎样影响在结晶温度的。
43. 已知 H70 黄铜(30%Zn)在 400°C 的恒温下完成再结晶需要 1 小时, 而在 390°C 完成再结晶需要 2 小时, 试计算在 420°C 恒温下完成再结晶需要多少时间?
44. 黄铜的界面能为 0.5J/m^2 . 设有 1cm^3 黄铜, 在 700°C 退火, 原始晶粒直径为 $2.16 \times 10^{-3}\text{cm}$, 由量热计测得保温 2 小时共放出热量 0.035J, 求保温 2 小时后的晶粒尺寸。
45. 设冷变形后位错密度为 $10^{12}/\text{cm}^2$ 的金属中存在着加热时不发生聚集长大的第二相微粒, 其体积分数 $f=1\%$, 半径为 $1\mu\text{m}$, 问这种第二相微粒的存在能否完全阻止此金属加热时再结晶(已知 $G=105\text{MPa}$, $b=0.3\text{nm}$, 比界面能 $s=0.5\text{J/m}^2$).
46. Fe-3%Si 合金含有 MnS 粒子时, 若其半径为 0.05mm, 体积分数为 0.01, 在 850°C 以下退火过程中, 当基体晶粒平均直径为 $6\mu\text{m}$ 时, 其正常长大即行停止, 试分析其原因。