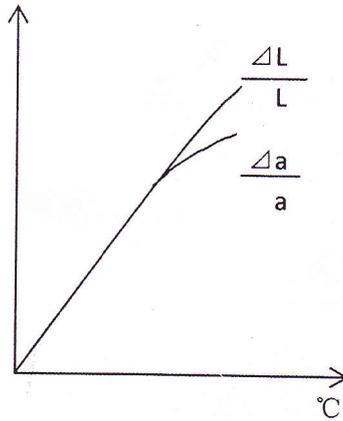


南航材料科学基础 (1)

1. 纯金属晶体中主要的点缺陷类型有哪些？并试述它们产生的途径。
2. 银的空位形成能为 1.76×10^{-19} ，试计算 600°C 和 300°C 时 1cm^3 银晶体中所包含的平衡空位数（银的密度为 $10.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，原子量为 107.9）
3. 某晶体的长度 (L) 和晶格常数 (a) 随温度变化关系如右图所示：



- (1) 说明为何高温时 $\Delta L/L > \Delta a/a$
- (2) 证明在较高温度时晶体的平衡浓度可表示为： $C_V = 3 (\Delta L/L - \Delta a/a)$

南航材料科学基础 (2)

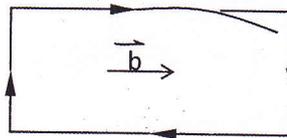
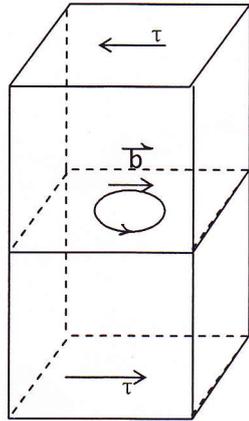


图 1

1. 指出图 1 各段位错的性质，并说明刃型位错部分的多余半原子面。
2. 在面心立方晶体中，画出 (111) 面上的 $b = a/2 [101]$ 和 $b = a/2 [011]$ 。
3. 如图 2 所示，某晶体的滑移面上有一柏氏矢量为 b 的位错环，并受到一均匀切应力 τ 的作用。
 - 1) 分析该位错环各段位错的结构类型；
 - 2) 在 τ 的作用下，该位错环将如何运动？

0
26 →



4. 当刃型位错周围的晶体中含有:

1) 过饱和空位; 2) 过饱和间隙原子; 3) 低于平衡浓度的空位; 4) 低于平衡浓度的间隙原子等四种情形, 该位错怎样攀移。

南航材料科学基础 (3)

- 计算产生 1cm 长的刃位错所需要的能量, 并求出占该位错一半能量的区域半径。(设 $r_0=1\text{nm}$, $R=1\text{cm}$, $b=0.25\text{nm}$, $\nu=1/3$, $G=50\text{Gpa}$)
- 试判断下列位错反应在面心立方晶体中能否进行, 并确定无外力作用时的反应方向:

$$(1) \frac{a}{2}[10\bar{1}] \Leftrightarrow \frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}] + \frac{a}{6}[11\bar{2}]$$

$$(2) \frac{a}{3}[112] + \frac{a}{2}[111] \Leftrightarrow \frac{a}{6}[11\bar{1}]$$

$$(3) \frac{a}{6}[112] + \frac{a}{6}[110] \Leftrightarrow \frac{a}{3}[111]$$

- 铜晶体中有一直刃位错, 试作出由此位错所产生的最大切应力与距离的关系曲线, 并计算当距离为 $1\mu\text{m}$ 时的最大分切应力。(铜晶体的 $G=50\text{Gpa}$, $\nu=1/3$, $b=0.256\text{nm}$)

南航材料科学基础 (4)

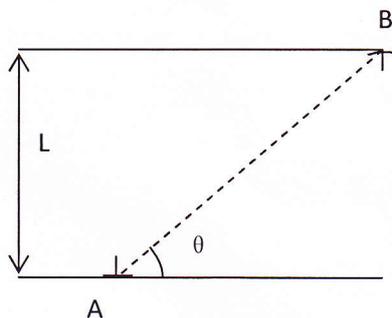
1. 选择题

- 计算位错受力的表达式 $f = \tau b$ 中的 τ 是指_____
 - 外力在滑移面的滑移方向上的分切应力;
 - 外加切应力;
 - 外力在位错线运动方向上的分切应力。
- 在一块晶体中有一根刃位错线 L 和一根相同长度的螺位错线 S, 两者的应变能有以下关系:
 - $E_L > E_S$
 - $E_L < E_S$
 - $E_L = E_S$
- 位错受力(运动)方向处处垂直于位错线, 在运动过程中是可变的, 晶体作相

对滑动的方向——

- d. 也随位错线运动方向而改变
- e. 始终是柏氏矢量方向
- f. 始终是外力方向

2. 在相距为 l 的两滑移面上有两个平行的异号刃位错，如图所示，问



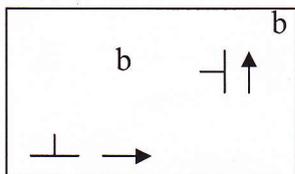
- (1) 要使两位错在各自滑移面上作相向运动，需施加多大切应力？方向如何？
- (2) 要使两位错在各自滑移面上作反向运动，需施加多大切应力？方向如何？

思考题. 设有两条交叉(正交但不共面)的位错线 \overline{AB} 和 \overline{CD} ，其柏氏矢量分别为 \vec{b}_1 和 \vec{b}_2 ，且 $|\vec{b}_1| = |\vec{b}_2| = b$ 。试求下述情况下两位错间的交互作用(要求算出单位长度位错线的受力 f ，总力 F 和总力距 M)：

- (1) 两个位错都是螺型；
- (2) 两个位错都是刃型；
- (3) 一个是螺型，一个是刃型。

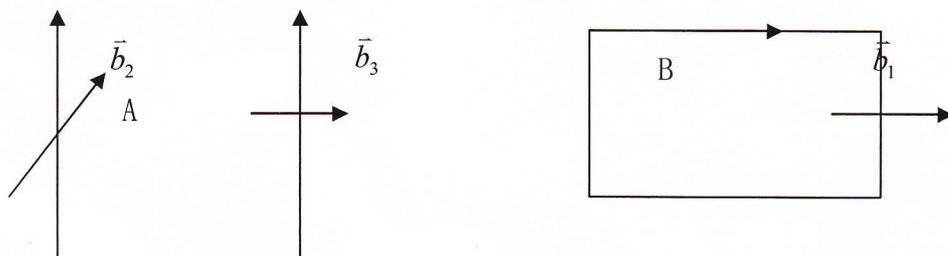
南航材料科学基础 (5)

1. 方形晶体中有两根刃型位错(如图所示)，(1) 当周围晶体中：(a) 空位多于平衡值；(b) 空位少于平衡值；(c) 间隙原子多于平衡值；(d) 间隙原子少于平衡值时；位错分别易于向什么方向攀移？



- (2) 加上怎样的外力，才能使这两根位错线通过纯攀移而相互靠拢？
- 2. 铜单晶中相互缠结的三维位错网络结点之间的平均距离为 D ，
 - (1) 计算位错增殖所需要的应力 τ (提示：位错网络中两结点和它的之间的位错段可作为 F-R 源)
 - (2) 如果此应力决定了材料的剪切强度，为达到 $G/100$ 的强度值， D 应为何值？(已知 $G=50\text{GPa}$ ， $a=0.36\text{nm}$)

- (3) 计算当剪切强度为 42MPa 时的位错密度 ρ (对于三维位错网络, $\rho = 2/D^2$)
3. 在 FCC 晶体的滑移面上有一扩展位错 A 和封闭位错环 B, 如图所示。组成扩展位错的两条 Shockley 分位错的柏氏矢量分别为 \vec{b}_2 及 \vec{b}_3 , 位错环的柏氏矢量为 $\vec{b}_1 = \vec{b}_3$ 。问 (1) A 和 B 的层错有无差别? 为什么? (2) 假定 A 和 B 的形状和尺寸不变且都向左运动时, 在位错扫过的滑移面上下的原子是如何运动的?



南航材料科学基础 (6)

- 在汤普森四面体中计算 $\vec{b} = \vec{AB} + \vec{CB}$ 及 $\vec{b} = \vec{AB} + \vec{BC}$ 的位错能量, 并指出哪一个反应易于进行, 上述反应是否释放能量。
- 估算 Al、Cu 和不锈钢中扩展位错的平衡宽度。已知三种材料的点阵常数 α 和剪切模量 G 分别是: $\alpha_{\text{Al}} = 0.404\text{nm}$, $\alpha_{\text{Cu}} = 0.361\text{nm}$, $\alpha_{\text{不锈钢}} = 0.356\text{nm}$, $G_{\text{Al}} = 3 \times 10^{10}\text{N/cm}^2$, $G_{\text{Cu}} = 5 \times 10^{10}\text{N/cm}^2$, $G_{\text{不锈钢}} = 10 \times 10^{10}\text{N/cm}^2$, $\gamma_{\text{Al}} = 0.20\text{J/m}^2$, $\gamma_{\text{Cu}} = 0.04\text{J/m}^2$, $\gamma_{\text{不锈钢}} = 0.02\text{J/m}^2$ 。
- 已知单位位错 $\frac{\alpha}{2}[\bar{1}01]$ 能与肖克莱不全位错 $\frac{\alpha}{6}[12\bar{1}]$ 相结合形成弗兰克不全位错, 试说明:
 - 新生成的弗兰克不全位错的柏氏矢量;
 - 该位错为什么称为固定位错。
- 面心立方晶体中有 $\frac{\alpha}{2}[01\bar{1}]$ 位错沿 $[\bar{2}11]$ 方向排列, 它分解为 Shockley 不全位错:
 - 写出位错反应式;
 - 已知该晶体 $G = 45\text{GPa}$, 层错能 $\gamma = 0.045\text{J/m}^2$, 求出该层错的平衡宽度。

南航材料科学基础 (7)

- 试比较 Shockley 位错、弗兰克位错、压杆位错的异同点。
- 简述 Thompson 四面体的作用

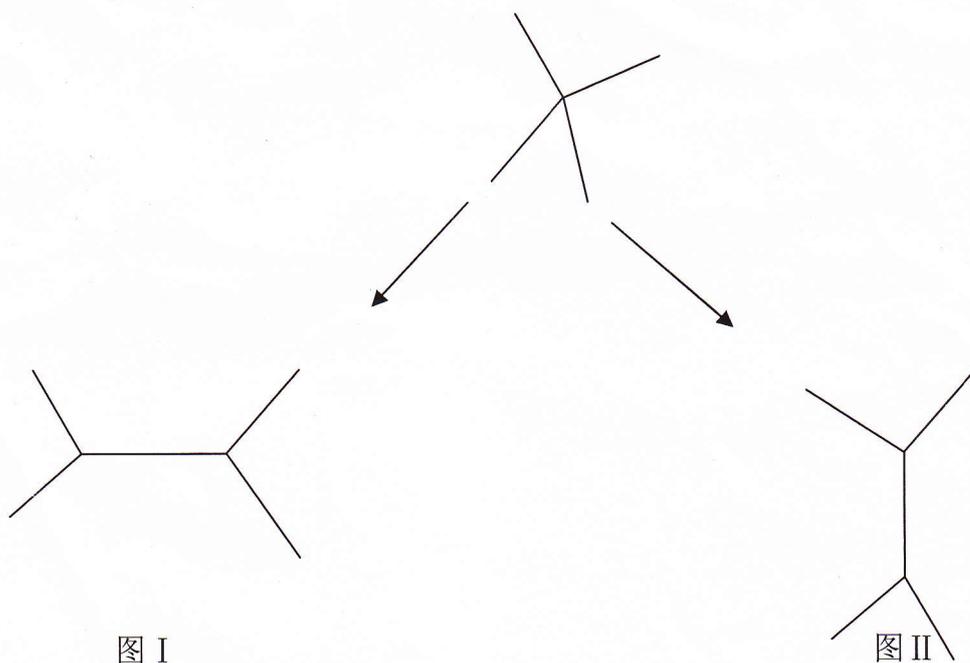
南航材料科学基础 (8)

1. 选择题

- 1) 如果倾斜晶体中的位错的平均柏氏矢量不与晶界垂直则_____
- a. 晶界能量较低; b. 晶界会有长程应力; c. 晶界位错构成一种亚稳定组态
- 2) 金属的表面自由能, 随其结合键的增加而增加, 所以_____
- a. 高熔点金属的表面自由能比低熔点金属的要高些;
- b. 表面自由能与温度无关;
- c. 表面自由能是各向同性

2. 直接观察铝试样发现, 在晶粒内部位错密度 $\rho = 5 \times 10^{13} \text{m}^{-2}$, 如亚晶粒间的角度为 5° , 试估算界面上的位错间距 D 和亚晶粒平均尺寸。 (提示: 假定全部位错都集中在亚晶界上, 且每个亚晶粒均为正六边形。已知铝的晶格常数 $a = 2.8 \times 10^{-10} \text{m}$)

3. 假定晶界转矩为零, 证明一个四线轴交点会分解为两个三线轴交点, 并指明何时会出现下图 I 和图 II 的情况。



南航材料科学基础 (9)

1. 选择题

- (1) 为消除硫化物在钢中的热脆, 其两面角_____
- a. 要大 b. 要小 c. 无影响
- (2) 由扩散考虑, 与大角度晶界迁移率相比, 小角度晶界的迁移率_____
- a. 较低 b. 接近 c. 较高
- (3) 在单相组织中存在着大小不等的晶粒, 由界面曲度驱动界面移动的规

律可知

- a. 小晶粒将移向大晶粒一方，直到晶粒大小相等；
 - b. 大小晶粒吞并相邻晶粒，同时长大；
 - c. 界面将移向小晶粒一方，最后小晶粒将消失；
2. 已知铅黄铜中有 α 、 β 、(Pb) 三相，平衡态下 (Pb) 相与 α 、 β 的交角如下图 (a) 所示，问：(1) 在 α 、 β 的两相黄铜中， β 相的两面角 θ 为多大 (图 b)；(2) 如果 β 相在 α 相的晶隅的平衡形貌特征 δ 如何。

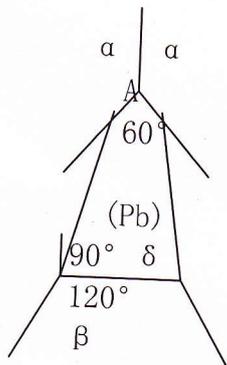


图 a

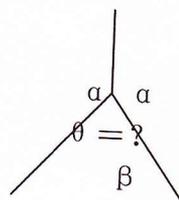
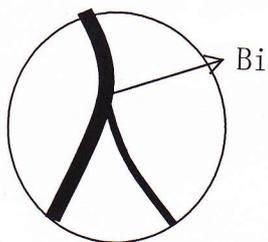
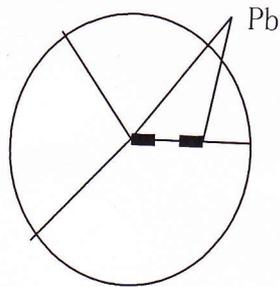


图 b

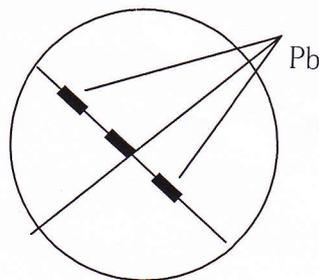
3. 铅、铋均不溶于铜中，含铋的铜不能热轧 (发生碎裂)，含铅的铜较难热轧 (有晶界开裂倾向)，而含铅的黄铜则可以热轧，不会开裂。分别观察其显微组织 (下图 a、b、c)，说明此组织的形成原因并解释以上现象 (提示：1. Bi 的熔点为 270°C ，2. Pb 的熔点为 327°C ，图 b Pb 在 Cu 中分布呈尖角状)



(a) 含 Bi 的铜



(b) 含 Pb 的铜

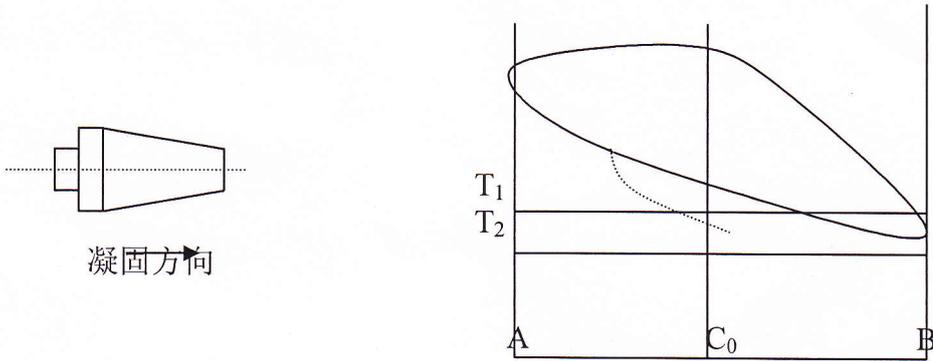


(c) 含 Pb 的黄铜

南航材料科学基础 (10)

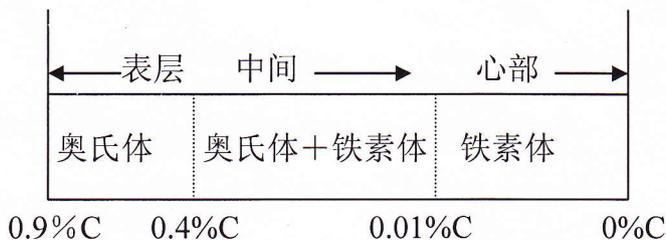
1. 一块含 0.1% 的碳钢在 930°C 渗碳，渗到 0.05cm 的地方碳的浓度达到 0.45%。在 $t > 0$ 的全部时间，渗碳气氛保持表面成分为 1%，已知碳在 γ 铁中的扩散系数为 $1.61 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ，
 - a). 计算渗碳时间；
 - b). 若将渗层加深一倍，则需要多长时间？
 - c). 若规定 0.3% c 作为渗碳层厚度的量度，则在 930°C 渗碳 10 小时的渗层厚度为 870°C 渗碳 10 小时的多少倍？
2. 有一涡轮叶片，采用定向凝固法制造。在平衡图上，此叶片合金成分为 C_0 ，虚点线表示凝固期间固体的成分变化 (固体内扩散很慢) 问：

- a) 叶片在 T_1 温度下做试验时发生剧烈破坏, 其可能的原因是什么、
 b) 对此有一工程师建议, 在用于 T_1 之前, 先将此叶片 T_2 温度下长时间扩散退火处理, 该建议正确吗? 为什么?
 c) 若在 T_2 时扩散系数为 $10^{-9}\text{cm}^2/\text{s}$, 而叶片长 10cm , 则此叶片必须在 T_2 温度下退火多长时间才能解决问题? (提示: $X=\sqrt{DT}$)



南航材料科学基础 (11)

- 柯肯达尔扩散系数实验中测得 200h 后, A—B 互扩散偶的标志面移动了 $1.44 \times 10^{-5}\text{m}$, 互扩散系数 $D=10^{-3}\text{m}^2/\text{s}$, 浓度分布曲线在标志面处的斜率 $(\delta \times A)/(\delta L)=0.02\text{m}^{-1}$, A 组元百分比浓度 $X_A=40\%$, 求 A、B 组元的本征扩散系数 D_A 和 D_B 。
- 原子在晶内、晶界和表面有不同的扩散系数。设钨和含原子浓度 1% (at) 钍 (Th) 的 W-Th 合金形成一扩散偶。在 2000°C 加热数分钟, 产生 0.01cm 厚的扩散区域, 假如原子分别从: (1) 晶内扩散; (2) 晶界扩散; (3) 表面扩散; 试求钍原子的流量。钨为体心立方结构, 点阵常数为 0.3615nm , $D_{\text{晶内}}=1.10\exp(-504000/RT)$; $D_{\text{晶界}}=0.74\exp(-37800/RT)$; $D_{\text{表面}}=0.47\exp(-279000/RT)$ 。
- 纯铁在 950°C 渗碳, 表面碳浓度达到 0.9% , 缓慢冷却后, 重新加热到 800°C , 继续渗碳, 试得出:
 - 刚达到 800°C 时工件表面到心部的组织分布;
 - 在 800°C 长时间渗碳后 (碳气氛为 $1.5\%\text{C}$) 的组织分布, 并解释组织形成的原因;
 - 在 800°C 长时间渗碳后缓慢冷却至室温的组织分布。 (提示: 刚达到 800°C 时, 工件自表面到心部如图, 请结合铁碳相图分析)



南航材料科学基础 (12)

- 对于预先经过退火的金属多晶体, 其真应力—应变曲线中均匀塑性变形阶段有 $\sigma_T = K \varepsilon^{n_T}$, 若有 A、B 两种金属, 其 K 值大致相等, 而 $n_A=0.5$, $n_B=0.2$, 则:
 - 哪种金属的硬化能力较高, 为什么?

- (2) 同样的塑性应变时, A 和 B 哪个位错密度高?
- (3) 示导出应变硬化指数 n 和应变硬化率 $\theta = d\sigma_T/d\varepsilon_T$ 之间的关系式。
2. 拉伸铜单晶体时, 若拉力轴的方向为 $[001]$, $\sigma = 10^6 \text{Pa}$, 求 (111) 面上的柏氏矢量 $\vec{b} = a/2[1\ 0\ 1]$ 的螺型位错线上的所受的力 (已知铜的晶格常数 $a = 0.36 \text{nm}$)
3. 锌单晶体在拉伸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° , 试求拉伸后的延伸率。
4. 试比较晶体滑移和孪生变形的异同点。
5. 什么是单滑移、多滑移、交滑移? 三者滑移线的形貌各有何特征?

南航材料科学基础 (13)

1. 试解释体心立方金属拉伸曲线上的屈服现象。为什么面心立方金属这一现象不明显?
2. 已知平均晶粒直径为 1mm 和 0.0625mm 的纯铁的屈服强度分别为 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?
3. 一组低碳钢试样经冷加工至相同的变形度后取出其中一根立即置于沸水中, 15 分钟后取出拉伸, 发现有较高的屈服点, 问:
- (1) 取出其中另一根试样都在 15°C 保温, 经多少时间后拉伸可恢复与上述相同的屈服点?
- (2) 若将冷加工后试样放在 0°C 的冰箱中, 则屈服点恢复与 (1) 的情况相比将延缓多长时间? (碳在 α -Fe 中的扩散激活能 $Q = 7.5 \times 10^7 \text{J/Kmol}$)。 (提示: 屈服点的恢复可当作是一热激活过程, 过程进行的速率为 $k/t = A \exp[-Q/RT]$) k 是常数)
4. 两块锌单晶体, 其中一块在拉伸时呈脆性, 而在拉伸方向施以弯曲力时呈现出延伸性, 另一块在上述两种情况下都呈现出脆性, 试确定这两块单晶体与拉伸轴相对取向。

南航材料科学基础 (14)

假设 40 钢中的渗碳体全部呈半径为 $10 \mu \text{m}$ 的球形粒子均匀分布地分布在 α -Fe 基体上, 试计算这种钢的切变强度。已知铁的切变模量 $G_{\text{Fe}} = 7.9 \times 10^{10} \text{Pa}$, α -Fe 的点阵常数 $a = 0.28 \text{nm}$ 。(计算时可忽略 Fe 与 Fe_3C 比重的差异) 提示: 设单位体积内 Fe_3C 的颗粒常数为 N_V 则 $\lambda = 3/1/N_V$

2. 影响材料断裂的基本因素有哪些? 何为材料的脆性转折温度? 它有何工程意义?
3. 选择题:
- (1) 强化金属材料的各种手段, 考虑的出发点都在于
- a. 制造无缺陷的晶体或设置位错运动的障碍
- b. 使位错增殖 c. 使位错适当的减少
- (2) 既能提高硬度, 又能降低其脆性的手段
- a. 加工硬化 b. 固溶强化 c. 晶粒细化 d. 沉淀硬化
- (3) 复相合金当一相为脆性相分布在另一相基体上时, 对材料的强韧性较为有利的组织形态是
- a. 一相呈网状分布在另一相晶界上;
- b. 一相以颗粒状弥散分布在另一相基体上;
- c. 一相以大块状分布在另一相基体上

南航材料科学基础 (15)

1. 判断下列看法是否正确, 并说明理由。
 - (1) 动态再结晶仅发生在热变形状态, 因此, 室温下变形的金属不会发生动态再结晶。
 - (2) 某铝合金的再结晶温度为 320°C 以下只能发生回复, 而在 320°C 以上一定发生再结晶。
 - (3) 当变形量较大、变形较均匀时, 再结晶后晶粒易发生正常长大, 反之易发生反常长大。
2. 今有纯 Ti, Al, Pb 三种铸锭, 试判断它们在室温 (20°C) 轧制的难易顺序, 是否可以连续轧制下去? 如果不能, 应采取什么措施才能使之轧制成薄板。
(已知 Ti 的熔点 1672°C , 在 883°C 以下为密排立方结构, 在 883°C 以上为面心立方; Al 的熔点为 660°C , 面心立方; Pb 的熔点为 328°C , 面心立方。)
3. 冷拉钢导线在用作架空导线时 (要求一定的强度) 和电灯华导线 (要求韧性好) 时, 应分别采用什么样的最终热处理工艺才合适?
4. 简述通过哪些途径可以控制再结晶晶粒的大小?