

西北工业大学 2013年硕士研究生入学考试试题 答案

试题名称: 材料科学基础 试题编号: 832
说明: 所有答题一律写在答题纸上

一、简答题 (每题 10 分, 共 50 分)

1. 位错能不能终止于晶体内部, 为什么?

答: 柏氏矢量是一个反映位错周围点阵畸变总累积的物理量, 在确定柏氏矢量时, 只规定了柏氏回路必须在无畸变区选, 而对其形状、大小、位置没有任何限制, 这就意味着柏氏矢量与回路起点及其具体路径无关, 这就是柏氏矢量的守恒性。
位错在晶体内部呈自封闭曲线或连接于其他位错, 或终止于晶体表面或晶界, 但不能中断于晶体内部。(连续性)

2. 从结合键角度分析金属塑性优于陶瓷的原因?

答: 金属材料主要是金属键合, 既无方向性又无饱和性, 当金属受力变形而改变原子之间的相对位置时不至于破坏金属键, 因此塑性好; 陶瓷材料主要是离子键、共价键, 共价键有方向性, 塑性差; 离子键产生的静电作用力, 限制了滑移进行, 不利于变形, 所以金属材料的塑性比陶瓷材料好。

3. 动态和静态再结晶的组织 and 力学性能有什么差别?

答: 静态再结晶是一种形核和长大过程, 即通过在变形组织的基体上产生新的无畸变再结晶晶核, 并通过逐渐长大形成等轴晶粒, 从而取代全部变形组织的过程。通过再结晶退火可以消除冷加工的影响, 故在实际生产中起着重要作用。

冷变形金属在退火过程中的性能和能量变化:

- (1) 强度与硬度。由于再结晶阶段位错密度显著降低, 故强度与硬度明显下降。
- (2) 内应力。微观内应力全部消除。
- (3) 亚晶粒尺寸。再结晶时, 亚晶粒尺寸显著增大。
- (4) 密度。变形金属的密度在再结晶阶段发生急剧增高, 显然除与前期点缺陷数目减小有关外, 主要是在再结晶阶段中位错密度显著降低所致。
- (5) 储能的释放。当冷变形金属加热到足以引起应力松弛的温度时, 储能就被释放出来。再结晶晶粒出现的温度对应于储能释放曲线的高峰处。

动态再结晶是在热加工过程中, 变形产生的加工硬化与再结晶引起的软化过程同时存在, 相互抵消。热加工对力学性能和显微组织的影响:

- (1) 不会使金属材料发生加工硬化, 能消除铸造中的某些缺陷, 如气孔、疏松焊合, 改善夹杂物和脆性物的形状、大小、分布, 部分消除偏析, 将粗大柱状晶、树枝晶变为细小、均匀等轴晶, 从而使材料致密度、力学性能有所提高。

（2）由于夹杂物、偏析、第二相和晶界、相界等随着应变量的增大，逐渐沿变形方向延伸，宏观上出现流线或热加工纤维组织，使力学性能呈现各向异性；复相合金中各相沿变形方向交替呈带状分布，即“带状组织”。

4. 位错间交互作用力的计算

5. 柯肯道尔效应？分析此效应意义？Cu-Ni 扩散偶，标记面 向哪一侧移动？扩散的意义是什么？

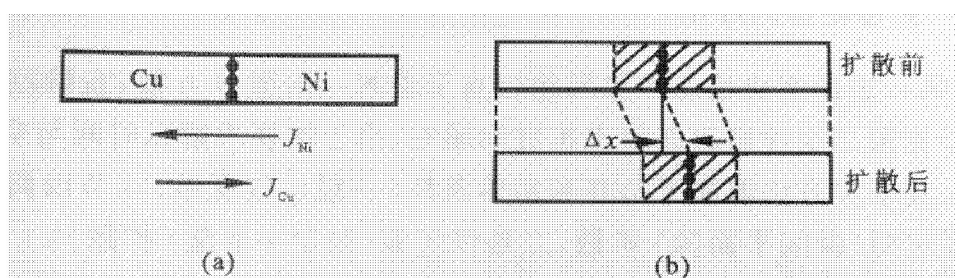


图 5-3 科肯道尔效应

(a) 铜和镍组成的扩散偶；(b) 扩散偶中不同原子的扩散情况

答：柯肯达尔（Kirkendall）效应：在置换式固溶体的扩散过程中，放置在原始界面上的标志物的位置发生了移动，移动速率与时间成抛物线关系。原因是两种组元不等量的原子交换造成了柯肯达尔效应。

否定了传统的换位扩散机制，支持了空位扩散机制。

扩散是在固体中质量传输的唯一途径，与材料的许多现象有关，如相变、时效析出、均匀化、固态烧结、蠕变、氢脆等。

二、作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 分析滑移、单滑移、多滑移、交滑移、变形孪晶、退火孪晶的显微组织图，并作图比较异同。

2. 计算立方晶体形核所需的临界边长、临界形核功、临界形核功与表面能关系。

例 3.3 设想液体在凝固时形成的临界晶核是边长为 a 的立方体形状，

(1) 已知液-固界面能 $\sigma_{L/S}$ 和固相、液相之间单位体积自由能差 ΔG_B ，推导出均匀形核时临界晶核边长 a^* 和临界形核功 ΔG^* 的表达式。

(2) 如果为非均匀形核，立方体晶胚的一面与杂质表面接触，设液体与杂质的界面能为 $\sigma_{L/M}$ ，晶胚与杂质的界面能为 $\sigma_{S/M}$ ，推导出临界晶核边长 $a_{\text{非均匀}}^*$ 和临界形核功 $\Delta G_{\text{非均匀}}^*$ 的表达式。

证明 (1) 形成边长为 a 的立方体晶核时，体系自由能的变化为

$$\Delta G_{\text{立方}} = -a^3 \Delta G_B + 6a^2 \sigma_{L/S}$$

令 $\frac{d\Delta G}{da} = 0$ ，即得晶核的临界边长为

$$a^* = \frac{4\sigma_{L/S}}{\Delta G_B}$$

将 $a = a^*$ 代入原式，得临界形核功为

$$\Delta G_{\text{立方}} = \frac{32\sigma_{L/S}^3}{\Delta G_B^2}$$

(2) 非均匀形核时，晶胚的表面能变化为

$$\sigma_{\text{表}} = 5a^2 \sigma_{L/S} + a^2 \sigma_{S/M} - a^2 \sigma_{M/L}$$

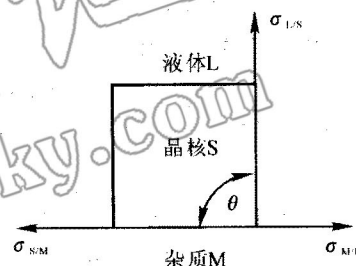


图 3-1 非均匀形核示意图

如图 3-1 所示。

$$\sigma_{L/M} = \sigma_{S/M} + \sigma_{L/S} \cos \theta$$

故

$$\sigma_{\text{表}} = 5a^2 \sigma_{L/S} + a^2 \sigma_{S/M} - a^2 (\sigma_{S/M} + \sigma_{L/S} \cos \theta) = a^2 \sigma_{L/S} (5 - \cos \theta)$$

则体系总自由能变化为

$$\Delta G_{\text{非均匀}} = -a^3 \Delta G_B + a^2 \sigma_{L/S} (5 - \cos \theta)$$

令

$$\frac{\partial \Delta G_{\text{非均匀}}}{\partial a} = 0$$

得

$$-3a^3 \Delta G_B + 2a \sigma_{L/S} (5 - \cos \theta) = 0$$

晶核的临界边长为

$$a_{\text{非均匀}}^* = \frac{2}{3} \frac{\sigma_{L/S}}{\Delta G_B} (5 - \cos \theta)$$

临界形核功为

$$\Delta = \Delta G_{\text{非均匀}}^* = \frac{4}{27} \frac{\sigma_{L/S}^3}{\Delta G_B^2} (5 - \cos \theta)^3$$

3. 位错间交互作用力的计算

简单立方晶体 (100) 面有一个 $b_1=[001]$ 螺型位错，它被另外一位错交割。以下情况，会形成割阶还是扭转？新形成的位错属于什么类型？能否继续移动？

a. 被 (001) 的 $b_2=[010]$ 的刃型位错交割

b. 被 (001) 的 $b_3=[100]$ 的螺型位错交割

4. 根据已知条件画出相图

三、综合分析题（共 40 分）

1. 相图分析

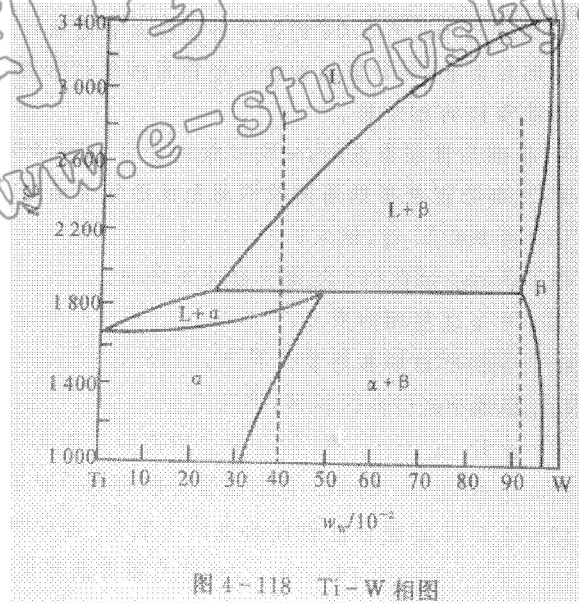


图 4-118 Ti-W 相图

- (1) 写出各相区相组成。
- (2) 分析 40%合金和 95%合金冷却曲线。
- (3) 分析以上两点合金非平衡结晶组织与平衡结晶区别。

2. 分析层片状共晶形核和长大机理与过程。