

西北工业大学 2012 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 第 页 共 页

一、 简答题 (每题 10 分, 共 50 分)

1. 请简述滑移和孪生变形的特点?

答:

滑移变形特点:

- 1) 平移滑动: 相对滑动的两部分位向关系不变
- 2) 滑移线与应力轴呈一定角度
- 3) 滑移不均匀性: 滑移集中在某些晶面上
- 4) 滑移线先于滑移带出现: 由滑移线构成滑移带
- 5) 特定晶面, 特定晶向

孪生变形特点:

- 1) 部分晶体发生均匀切变
- 2) 变形与未变形部分呈镜面对称关系, 晶体位向发生变化
- 3) 临界切分应力大
- 4) 孪生对塑变贡献小于滑移
- 5) 产生表面浮凸

2. 什么是上坡扩散? 哪些情况下会发生上坡扩散?

答: 由低浓度处向高浓度处扩散的现象称为上坡扩散。应力场作用、电场磁场作用、晶界内吸附作用和调幅分解反应等情况下可能发生上坡扩散。扩散驱动力来自自由能下降, 即化学位降低。

3. 在室温下, 一般情况金属材料的塑性比陶瓷材料好很多, 为什么? 纯铜与纯铁这两种金属材料哪个塑性好? 说明原因。

答: 金属材料的塑性比陶瓷材料好很多的原因: 从键合角度考虑, 金属材料主要是金属键合, 无方向性, 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。

铜为面心立方结构, 铁为体心立方结构, 两者滑移系均为 12 个, 但面心立方的滑移系分布取向较体心立方均衡, 容易满足临界分切应力。且面心立方滑移面的原子堆积密度比较大, 因此滑移阻力较小。因而铜的塑性好于铁。

4. 请总结并简要回答二元合金平衡结晶过程中, 单相区、双相区和三相区

中，相成分的变化规律。

答：

单相区：相成分为合金平均成分，不随温度变化；

双相区：两相成分分别位于该相区的边界，并随温度沿相区边界变化；

三相区：三相具有确定成分，不随结晶过程变化。

5. 合金产品在进行冷塑性变形时会发生强度、硬度升高的现象，为什么？如果合金需要进行较大的塑性变形才能完成变形成型，需要采用什么中间热处理的方法？而产品使用时又需要保持高的强度、硬度，又应如何热处理？

答：合金进行冷塑性变形时，位错大量增殖，位错运动发生交割、缠结等，使得位错运动受阻，同时溶质原子、各类界面与位错的交互作用也阻碍位错的运动。因此发生应变硬化，使强度、硬度升高。

较大的塑性变形产生加工硬化（应变硬化），如果需要进行继续变形就要进行中间热处理，即再结晶退火，使塑性恢复到变形前的状态，零件可继续进行塑性变形。

如果产品需要保持高的强度、硬度，可在最终热处理时采用去应力退火，去除残余应力，保持零件较高的强度、硬度。

二、 作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

- 1、在 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图中有几种类型的渗碳体？分别描述这些渗碳体的形成条件，并绘制出平衡凝固条件下这些不同类型渗碳体的显微组织形貌。

答：

渗碳体包括：初生（一次）渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体、共晶渗碳体、共析渗碳体，共五种。

（1）初生（一次）渗碳体：含碳量大于 4.3% 的 Fe-C 合金在平衡凝固时从液相结晶出来的渗碳体，形貌为板条状。

（2）二次渗碳体：含碳量 0.77~2.11% 的 Fe-C 合金，在 1148℃ 冷却到 727℃ 过程中，从 γ 相中脱溶的渗碳体。

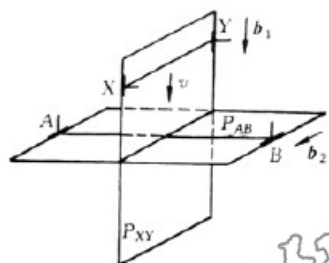
（3）三次渗碳体：含碳量小于 0.0218% 时，低于 727℃，从 α 相脱溶析出的渗碳体。

（4）共晶渗碳体：含碳量 2.11~6.69% 的 Fe-C 合金，在 1148℃ 发生共晶反应时形成的渗碳体。

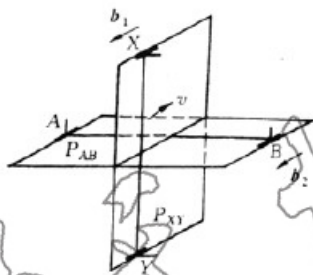
（5）共析渗碳体：含碳量 0.0218~6.69% 的 Fe-C 合金，在 727℃ 发生共析反应时生成的渗碳体。

各渗碳体形貌见教材相关部分。

- 2、在两个相互垂直的滑移面上各有一条刃型位错 AB、XY，如图所示。假设以下两种情况中，位错线 XY 在切应力作用下发生运动，运动方向如图中 v 所示，试问交割后两位错线的形状有何变化（画图表示）？在以下两种情况下分别会在每个位错上形成割阶还是扭折？新形成的割阶或扭折属于什么类型的位错？



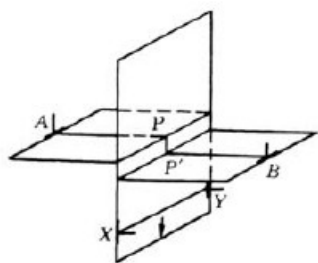
a 图



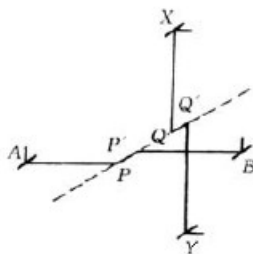
b 图

答：a 图：

- ① XY 向下运动与 AB 交割，产生 PP' 小台阶，宽度为 $|b_1|$
- ② PP' 的柏氏矢量仍为 b_2
- ③ PP' $\perp b_2$ 为刃型位错
- ④ PP' 不在原滑移面上，为割阶
- ⑤ XY 平行于 b_2 ，不形成台阶



a 图



b 图

b 图：

- ① AB 位错线上出现 PP' 平行于 b_2 ，宽度为 $|b_1|$
- ② PP' 的柏氏矢量仍为 b_2

- ③ $PP' // b_2$ 为螺型位错
- ④ PP' 在原滑移面上，为扭折
- ⑤ XY 位错线上出现 QQ' 平行于 b_1 ，宽度为 $|b_2|$
- ⑥ QQ' 的柏氏矢量仍为 b_1
- ⑦ $QQ' // b_1$ 为螺型位错
- ⑧ QQ' 在原滑移面上，为扭折

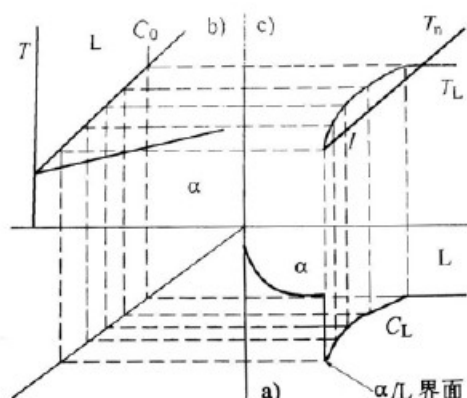
3、已知 H 原子半径 r 为 0.0406nm ，纯铝是 fcc 晶体，其原子半径 R 为 0.143nm ，请问 H 原子溶入 Al 时处于何种间隙位置？

答：fcc 晶体的八面体间隙 $\frac{r}{R} = 0.414$ ，四面体间隙 $\frac{r}{R} = 0.225$ 。

根据题意知 $\frac{r_H}{R_{Al}} = \frac{0.0406}{0.143} = 0.284$ ，因此 H 原子应处于四面体间隙。

4、柱状试样，当固溶体合金 ($k_0 > 1$) 从左向右定向凝固，凝固过程中假设，凝固速度快，固相不扩散、液相基本不混合， α/L (固/液) 界面前沿液体中的实际温度梯度为正温度梯度。由于 α/L 界面前沿液体存在成分过冷区，晶体易以树枝状结晶生长。当合金从左向右定向凝固，达到稳态凝固区时，请分析并画出：① $k_0 > 1$ 相图；② α/L 界面处固体、液体的溶质浓度分布图；③ 液体中成分过冷区图。

答：柱状试样从左向右定向凝固，在固相不扩散、液相基本不混合、 $k_0 > 1$ 的条件下，在凝固达到稳态凝固区时， α/L 界面前沿液体溶质浓度分布 C_L 如图 a 所示。由于 α/L 界面前沿液体中溶质浓度从左向右逐渐升高（与 $k_0 < 1$ 情况不同），成分与相图对应如图 b。 α/L 界面前沿液体中从左向右熔点逐渐升高（与 $k_0 < 1$ 情况相同）构成 T_L 曲线，加之界面前沿液体中的实际温度梯度为正温度梯度 T_n ，即形成了由 T_L 、 T_n 两曲线组成的成分过冷区见图 c，在凝固过程中晶体易以树枝状结晶生长。



三、综合分析题（共 40 分）

1、试用位错理论解释低碳钢的应变时效现象。

答：将退火低碳钢进行少量塑性变形后卸载，然后立即加载，屈服现象不再出现。如果卸载后在室温下放置较长时间或加热到一定温度保温，屈服现象再次出现，而且低碳钢的强度及硬度升高，这种现象称为应变时效或机械时效。

机理：

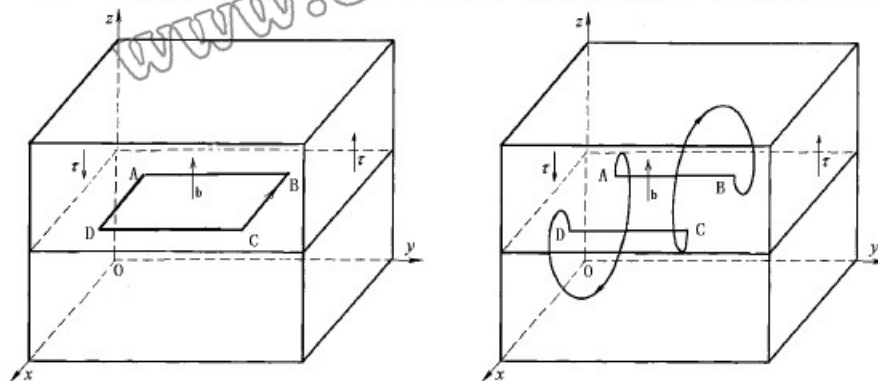
柯垂尔理论认为，卸载后立即重新加载，位错已经脱钉，因此不再出现屈服现象。放置或加热后再加载，位错被重新定扎，因此会再次出现屈服现象。

位错增殖理论认为，卸载后立即重新加载，位错已经增殖，因此不再出现屈服现象。放置或加热后再加载，发生了回复，位错发生重排和抵消，因此会再次出现屈服现象。

两种理论均有实验依据，目前一般同时采用两理论解释应变时效的产生原因。

2、如图所示，在立方单晶体中有一个位错环 ABCDA，其柏氏矢量 \mathbf{b} 平行于 z 轴

- 1) 指出各段位错线是什么类型的位错。
- 2) 各段位错线在外应力 τ 作用下将如何运动？请绘图表示



答：

- 1) AB、BC、CD、DA 段都是刃位错
- 2) AB 和 CD 不动；BC 向上滑移，AD 向下滑移，如图所示。