

西北工业大学  
2012 年硕士研究生入学考试试题

试题名称：材料科学基础（A 卷）  
说明：所有答题一律写在答题纸上

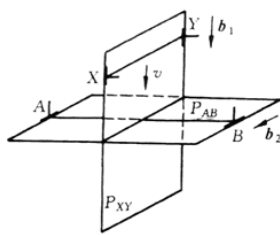
编号：832  
第 页 共 页

一、 简答题（每题 10 分，共 50 分）

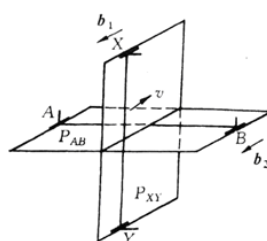
1. 请简述滑移和孪生变形的特点？
2. 什么是上坡扩散？哪些情况下会发生上坡扩散？扩散的驱动力是什么？
3. 在室温下，多数金属材料的塑性比陶瓷材料好很多，为什么？纯铜与纯铁这两种金属材料哪个塑性好？说明原因。
4. 请总结并简要回答二元合金平衡结晶过程中，单相区、双相区和三相区中，相成分的变化规律。
5. 合金产品在进行冷塑性变形时会发生强度、硬度升高的现象，为什么？如果合金需要进行较大的塑性变形才能完成变形成型，需要采用什么中间热处理的方法？而产品使用时又需要保持高的强度、硬度，又应如何热处理？

二、 作图计算题（每题 15 分，共 60 分）

1. 在 Fe-Fe<sub>3</sub>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。
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



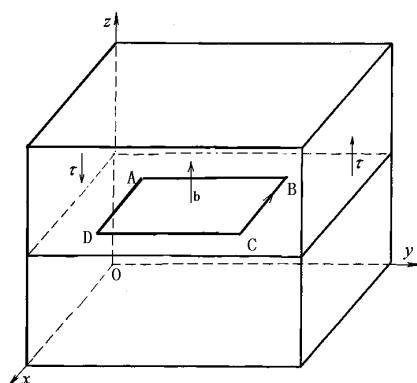
b 图

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？
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， $\alpha/L$ （固/液）界面前沿液体中的实际温度梯度为正温度梯度。由于  $\alpha/L$  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  $\alpha/L$  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

### 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。
- 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  $\tau$  作用下将如何运动？请绘图表示



西北工业大学  
2012 年硕士研究生入学考试 答案

试题名称：材料科学基础  
说明：所有答题一律写在答题纸上

试题编号：832  
第 页 共 页

一、简答题（每题 10 分，共 50 分）

6. 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

7. 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。

8. 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匀衡，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。

9. 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。

10. 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）

a) 在 Fe-Fe<sub>3</sub>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。

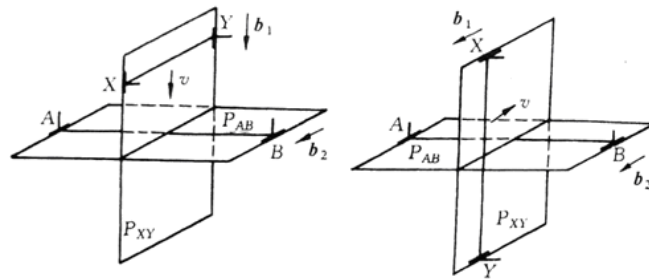
（3）三次渗碳体：含碳量小于 0.0218% 时，低于 727℃，从 α 相脱溶析出的渗碳体。

（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。

- b) 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？

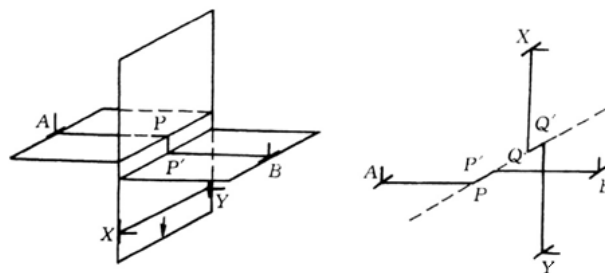


a 图

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

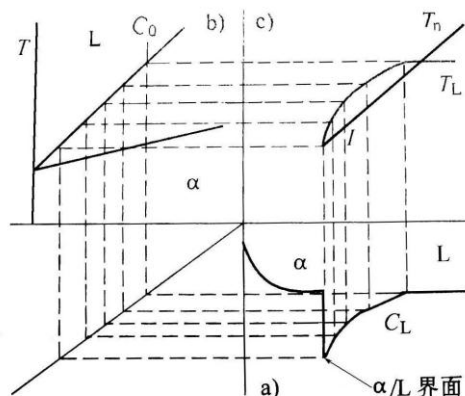
3、已知 H 原子半径  $r$  为 0.0406nm，纯铝是 fcc 晶体，其原子半径  $R$  为 0.143nm，  
请问 H 原子溶入 Al 时处于何种间隙位置？

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， $\alpha/L$  (固/液) 界面前沿液体中的实际温度梯度为正温度梯度。由于  $\alpha/L$  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  $\alpha/L$  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， $\alpha/L$  界面前沿液体溶质浓度分布  $C_L$  如图 a 所示。由于  $\alpha/L$  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。  $\alpha/L$  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）

a) 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。

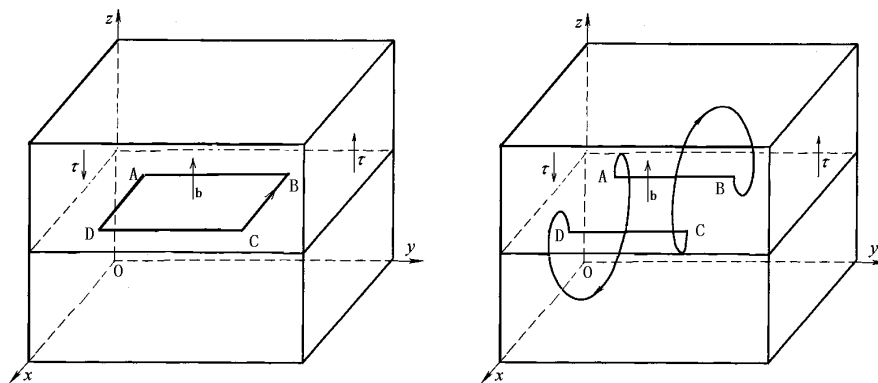
位错增殖理论认为，卸载后立即重新加载，位错已经增殖，因此不再出现屈服现象。放置或加热后再加载，发生了回复，位错发生重排和抵消，因此会再次出现屈服现象。

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。

b) 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

3) 指出各段位错线是什么类型的位错。

4) 各段位错线在外应力  $\tau$  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。