

中国兵器工业集团第五三研究所
二〇〇七年招收硕士学位研究生入学考试试题
考试科目：材料科学基础
(注：答案全部答在答题纸上，答在试卷上无效。)

一、名词解释（共 30 分，每小题 2 分）

1. 弥散强化 2. 肖脱基缺陷 3. 晶界内吸附 4. 拉弗斯相 5. 扩散退火
6. 共晶反应 7. 奥氏体 8. 临界晶核尺寸 9. 柯肯达尔效应 10. 上坡扩散
11. 屈服强度 12. 二次再结晶 13. P 型半导体 14. 枝晶偏析 15. 交滑移

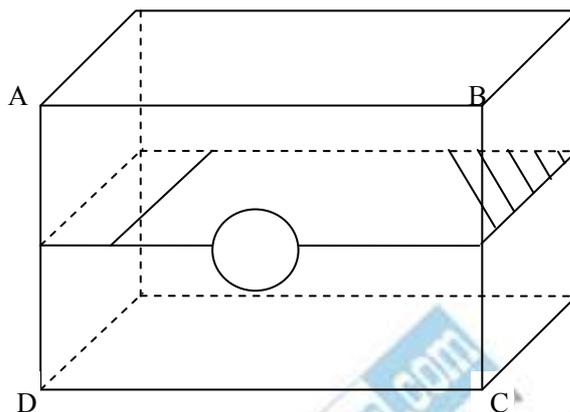
二、简答题（共 90 分）

1. 简要说明材料的结合键（金属键、离子键和共价键）如何影响熔点和密度。（6 分）

2. 计算 bcc 晶胞内的原子数。（3 分）

3. 高分子材料中，分子结构如何影响结晶能力？（9 分）

4. 在下图中，阴影面为晶体的滑移面，该晶体的 ABCD 面有一圆形标记，它与滑移面相交，在标记左侧有根位错线，当刃、螺型位错线从晶体左侧滑移至右侧时，画示意图表示表面的标记有什么变化？并指出相应的切应力方向。（9 分）



5. 划示意图表明成分过冷的概念。(8分)
6. 在烧结初期和后期, 扩散有何不同?(6分)
7. 非均匀形核为什么比均匀形核容易?(5分)
8. 碳含量 5% (质量分数) 的过共晶白口铁结晶后在室温下的组织是什么, 其质量分数为多少?(8分)
9. 比较孪晶变形在密排六方金属、体心立方金属和面心立方金属中发挥作用。(9分)
10. 纯金属变形后产生强化的原因?(9分)
11. 含碳量对亚共析钢和过共析钢的力学性能有何影响?(6分)
12. 影响固溶体形成主要因素?(8分)
13. 高分子材料合成的主要反应类型是什么?(4分)

三、论述题 (共 30 分, 每小题 15 分)

1. 试论述影响再结晶的因素。
2. 试论述金属冷变形对性能 (力学) 与组织的影响。

材料科学基础研试题答案

一、 名词解释（共 30 分，每小题 2 分）

1 弥散强化

如果弥散相的强度明显高于基体相，增加弥散相的量，则显著提高材料的强度，或细化弥散相的尺寸来提高强度的各种措施，成为~。

2 肖脱基缺陷

脱位原子进入其他空位或逐渐迁移至晶界或表面，这样的空位称为~。

3 晶界内吸附

少量杂质或合金元素在晶界内部分布不均匀，常偏聚于晶界，它是异类原子与晶界交互作用的结果，晶界处排列相对无序，而外来原子与基体原子产生相晶格应变，逐渐迁移到表面。

4 拉弗斯相

当组元间原子尺寸之差处于间隙化合物与电子化合物之间时，会形成拉弗斯相。

5 扩散退火

为降低晶内偏析程度和消除晶内偏析，一般将铸件加热到低于固相线 100~200℃，进行长时间保温，使偏析元素充分扩散异达到均匀化目的。

6 共晶反应

两组元在液态无限互溶，固态有限互溶或完全不互溶，在冷却过程中，这种由某一成分的液体在恒温下同时结晶出两个成分不同的固相的反应叫~。

7 奥氏体

碳溶于 γ -Fe 中而形成的间隙固溶体就是~，具有面心立方结构。

8 临界晶核尺寸

材料凝固时，在每一过冷度下，晶核有一临界尺寸 r_k ，当 $r < r_k$ 时，生成的晶胚是使体系自由能升高，因而不稳定，要溶解掉。当 $r > r_k$ 时，方能使体系的自由能降低，因而是稳定的，它可进一步长大。

$$r_k = -\frac{2\sigma}{\Delta G_v}$$

9 柯肯达尔效应

由于界面两侧的两种原子，在互相扩散到对方的基体中，当扩散的速率不等时，会发生原始界面的移动，界面移向原子扩散速率较大的一方，这种现象称为~。

10 上坡扩散

固态相变时，会发生浓度低的向浓度高的方向扩散，产生成分偏聚而不是成分的均匀化，这种现象叫~。

11 屈服强度

弹性变形结束时，塑性变形刚开始时的应力，称为 σ_s 。

12 二次再结晶

再结晶完成后，晶体不连续不均匀的长大。

13P 型半导体

利用杂质元素在价带上产生大量空穴的半导体， P 型。

14 枝晶偏析

如果固溶体是以树枝状结晶并长大的，则枝干和枝间会出现成分差别，这种现象称为 δ 。

15 交滑移

交滑移是螺旋位错在两个相交的滑移面上运动，当螺型位错在一个滑移面上运动遇到障碍会转到另一个滑移面上继续滑移，滑移方向不变。

二、简答题（共 90 分）

1. 简要说明材料的结合键（金属键、共价键、离子键）如何影响熔点和密度。（6 分）

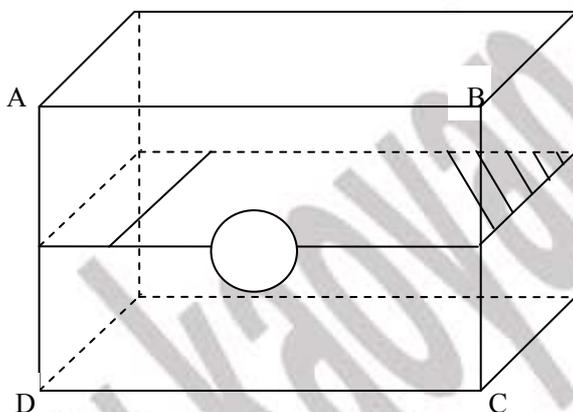
答：共价键和离子键的熔点高，是由于其键能高，金属键键能低，熔点低。以金属键结合的原子排列很紧密，形成的晶体结构也较简单，没有方向性，故金属的密度高；以共价键结合的原子排列不够紧密，形成的晶体结构也较复杂，相邻原子的个数受共价键数目限制，故共价晶体的密度低。

2. 计算 bcc 晶胞内的原子数。（3 分）（体心立方， $1+0/2+8/8=2$ ）

3. 高分子材料中，分子结构如何影响结晶能力？（9分）

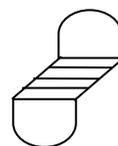
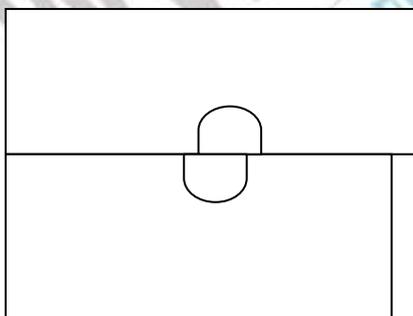
答：链结构的对称性和柔顺性（对称高的易结晶）；结构的规整性；共聚（无规共聚不能结晶）。

4. 在下图中，阴影面为晶体的滑移面，该晶体的 ABCD 面有一圆形标记，它与滑移面相交，在标记左侧有根位错线，当刃、螺型位错线从晶体左侧滑移至右侧时，画示意图表示表面的标记有什么变化？并指出相应的切应力方向。（9分）



答，刃型位错扫过的变化

螺型位错扫过的变化



刃形位错滑行的切应力与 AB 平行，与位错线垂直，螺型位错滑行的切应力与 AB 垂直，与位错线平行。

5. 划示意图表明成分过冷的概念。(8分)

答：设固溶体合金为不平衡凝固，固态无扩散，液体只有扩散（或扩散大于对流），当固相表面的浓度 x_0 ，界面上液体浓度 x_0/k_0 ，液相浓度 x_L ，自界面上的 x_0/k_0 下降到 x_0 ，这样界面上的温度 T_3 小于远离界面液相温度 T_1 ，从 T_3 到 T_1 的凝固温度与实际温度的差异称为成分过冷。(图略)

6. 在烧结初期和后期，扩散有何不同？(6分)

答：在烧结初期主要是表面扩散，在后期，主要是晶界扩散。

7. 非均匀形核为什么一般情况下比均匀形核容易？(5分)

答：非均匀形核的形核功， $\Delta G_{\text{非}} = \Delta G_{\text{均}} \times S(\theta)$ ，其中， $0 \leq S(\theta) \leq 1$ ，为形状因子，因此形核功比非均匀形核小。

8. 碳含量 5%（质量分数）的过共晶白口铁结晶后在室温下的组织是什么，其质量分数为多少？(8分)

答：室温组织为 Ld' ，室温莱氏体和 Fe_3C_1 ，一次渗碳体，各组织组成物的质量分数：

$$w_{Ld'} = \frac{6.69 - 5.0}{6.69 - 4.3} \times 100\% = 71\%$$
$$w_{Fe_3C_1} = \frac{5.0 - 4.3}{6.69 - 4.3} \times 100\% = 29\%$$

9. 比较孪晶变形在密排六方金属、体心立方金属和面心立方金属中发挥作用。(9分)

答：对密排六方金属，孪晶变形十分重要，虽然变形中滑移占主要地位，但当滑移变形困难时它能改变晶体位向帮助滑移。在体心立方金

属中，在一定条件下可发生孪晶变形，它容易导致解理断裂裂纹的萌生。在面心立方金属中，一般不会发生孪晶变形，但只有加入能降低层错能的溶质因素，就能比纯金属更容易出现孪晶。

10. 纯金属变形后产生强化的原因？（10分）

答：位错交割；位错反应；位错增殖。

11. 含碳量对亚共析钢和过共析钢的力学性能有何影响？（6分）

铁素体硬度和强度低，塑性好，渗碳体硬而脆。珠光体是铁素体和渗碳体的机械混合物，渗碳体分布到铁素体上起强化作用。亚共析钢随碳含量上升，强度和硬度上升，塑性下降；过共析钢，除珠光体外，晶界上还有二次渗碳体， w_c 小于 1% 时影响不大，大于 1% 时，塑性很低，脆性大大增加。

12. 影响固溶体形成主要因素？（8分）

(1) 尺寸因素 (2) 晶体结构 (3) 电负性差 (4) 电子浓度。

13. 高分子材料合成的主要反应类型是什么？（4分）

加聚反应和缩聚反应。

三、论述题（共 30 分，每小题 15 分）

1. 试论述影响再结晶的因素。

答：(1) 临界变形度；(2) 临界变形度越小，开始再结晶的温度越高；(3) 变形量越大，再结晶后的晶粒越细；(4) 微量元素可提高再结晶温度或延迟过程；(5) 第二相影响，尺寸大，易发生，尺寸小，抑制；(6) 原始晶粒越细，或退火时间越长，降低再结晶温度。

2. 试论述金属冷变形对性能（力学）与组织的影响。

答：（1）冷变形金属的力学性能。随着变形的增加，金属的屈服强度和抗拉强度不断提高，特别是屈服强度升高很快，导致屈强比增加，塑性和韧性降低。（2）对组织的影响。等轴状晶粒经过拉拔和冷轧后沿拉拔和轧制方向深长，晶界可能模糊。可能形成纤维组织，也可能位错胞状结构。性能上可能产生各向异性。（3）变形织构（4）残余应力。（5）电导率下降。（6）抗腐蚀性下降。