

西安交通大学

2016 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：材料科学基础

适用专业：材料科学与工程

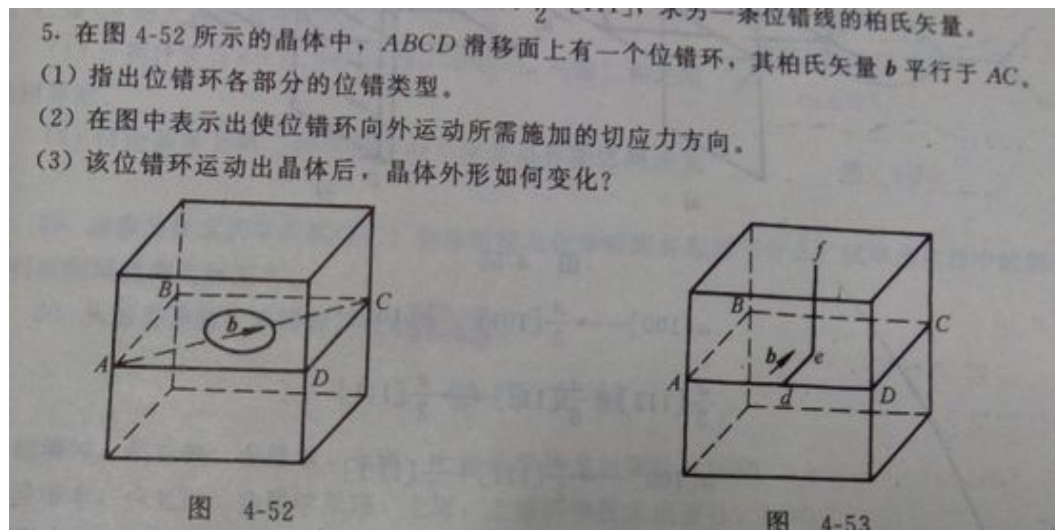
注：请将答案写到答题纸上，在试卷上作答无效。

一、名词解释（2*10=20）

- 1、热塑性塑料 2、成分过冷 3、离异共晶 4、相图 5、形变强化 6、区域提纯
7、调幅分解 8、铁磁体 9、镧族收缩 10、铁素体

二、简答题（40 分）

- 1、稀土族元素原子排列的特点是什么？为什么他们处于周期表的同一空格中？
2、说明结构转变的热力学条件和动力学条件的意义，说明稳定结构与亚稳结构之间的关系。
3、在六方晶系中画出【1101】晶向和（1102）晶面。
4、根据 NaCl 的晶体结构及 Na^+ 和 Cl^- 的原子量，计算氯化钠的密度。



- 6、为什么点缺陷在热力学上是稳定的，而位错是不平衡的晶体缺陷？
7、按不同特点分类，固溶体可分为哪几种类型？影响置换固溶体溶解度的因素有哪些？间隙化合物和间隙固溶体有何根本区别？
8、纯金属从液相中均匀形核结晶，晶胚呈边长为 a 的立方体，晶胚的单位面积表面能为 σ ，液固两相单位单位体积吉布斯自由能差为 ΔG_v 。求临界晶核边长 a^* 的表达式，并证明关系式 $\Delta G^* = 1 / 3 A^* \sigma$ 。其中 A^* 为临界晶核的表面积。
9、影响扩散的因素有哪些？并简要分析。
10、孪晶和滑移的变形机制有什么不同？它们对晶体的塑性变形有何影响？
11、简述冷变形后金属回复及再结晶退火对材料组织和性能变化的影响规律，说明哪些地方可能是再结晶优先形核的地点，指出再结晶、结晶、固态相变之间的主要区别。
12、叙述你所熟悉的某一类材料的变形行为和特点。
13、写出 Fe 和 Ca 原子的电子排列方式，并解释为什么 Fe 显示强的铁磁性，而 Ca 没有。根据以上分析铁磁性与核外电子排布的关系。

三、判断题（1*10）

- 1、位错滑移只改变晶体形状，不改变晶体体积，攀移也是。
- 2、扩散的驱动力是浓度差。
- 3、用杠杆定理只能计算平衡相的质量分数，而不能计算组织组成物的质量分数。
- 4、均匀形核与非均匀形核的临界形核功都等于表面能的三分之一。
- 5、三元扩散系统中的反应扩散层中不可能存在两相区。
- 6、碳钢中冷压力加工纤维组织与热压力加工带状组织的形成原因是相同的。
- 7、在室温下，铅（熔点为 327.502°C ）的塑性变形为热变形，铁（熔点为 1538°C ）的塑性变形为也是热变形。
- 8、金属超塑变形的机制是扩散协助下的晶界滑动和晶粒转动。
- 9、晶体结构不同的晶体可能有相同的晶体点阵。
- 10、晶体中的位错环有可能是一个纯刃型位错，但绝不可能是一个纯螺型位错。

四、(25 分)

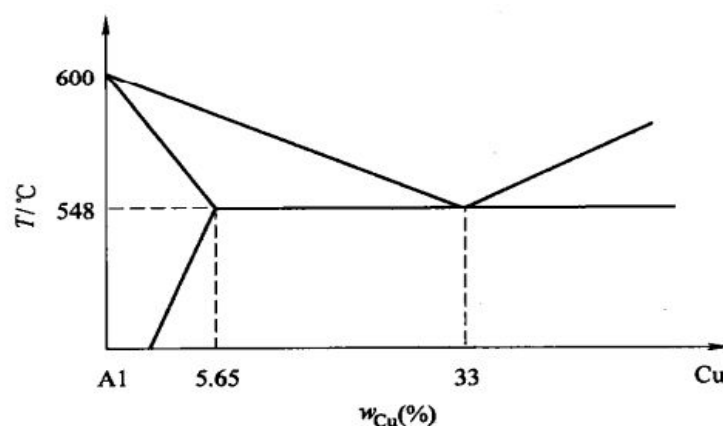
- (1) 画出 Fe-Fe₃C 相图，并用组织组成物填写相图。
- (2) 分析 $w_c=3\%$ 的铁-碳合金从液态平衡冷却至室温的转变过程。
- (3) 分别计算室温下的相组成物和组织组成物的相对量。
- (4) 根据相图分析铁-碳合金的成分、组织和性能之间的关系。
- (5) 示意画出 750°C 时 Fe-Fe₃C 合金系中各相的自由能-成分曲线，并以此图阐述该温度时合金系中的相平衡状态。

五、(15 分) 有一体心立方单晶试棒，棒轴为 $[\bar{1}23]$ ，滑移面 (110)，现沿棒轴方向拉伸，请分析：

- (1) 初始滑移系统，并在立方晶胞中画出。
- (2) 交滑移系统。
- (3) 双滑移系统。
- (4) 试棒的最终取向（假定试棒在打到稳定前不断裂），并分析转动过程。

六、(20 分) 图为 Al-Cu 二元合金相图，今将含 $w_{\text{Cu}}=10\%$ 的合金棒在固相不扩散，液相完全混合条件下进行不平衡凝固（忽略成分变化引起的体积变化）。

- (1) 计算凝固始端固相的成分；确定凝固结束后共晶体占铸锭棒长的体积百分数，并示意画出合金棒中溶质（Cu）浓度分布曲线。
- (2) 平衡凝固时共晶体的百分含量。平衡凝固时和不平衡凝固时共晶体含量是否相同？并解释之。



七、(20 分) 近日, 金属材料强度国家重点实验室关于实验测定纯铁理想强度的论文在著名材料期刊《Advanced Materials》(影响因子 15.4) 在线发表。该工作运用先进的原位定量纳米力学测试技术和基于原子间相互作用势的有限元分析方法, 对球形纳米铁球压缩强度的尺寸效应进行了系统研究, 发现当纳米铁球的尺寸小于特定临界尺寸时, 其最大压缩接触强度会达到一个应力平台, 对应的屈服剪切应力与理论计算的纯铁理想剪切强度一致, 从而在实验上首次证实单晶体在单轴载荷条件下也可以支撑理论强度的外加应力。

金属材料的理想剪切强度是指完美晶体在发生塑性变形前所能承受的最大剪切应力, 其理论估算值为 $G/2p$, G 是金属的剪切模量。然而, 由于晶格缺陷的存在 (位错和点缺陷), 实际金属材料的屈服强度通常比理想剪切强度要小 $2\sim 3$ 个数量级。近年来, 世界各国科学家对微纳尺度样品的强度尺寸效应进行了系统的研究, 发现随着样品尺寸的减小, 金属材料的强度会越来越高, 即“越小越强”效应。但是, 截止目前, 仅有纳米压入实验能够测到接近或超过理论强度的应力, 而且由于纳米压入实验的应力条件非常复杂, 其结论存在争议。西安交通大学的研究者调研发现, 球形样品可以有效防止常规方形或圆柱状样品接触面因常见的非完美接触而产生的应力集中问题, 从而能有效避免小尺度样品因局部变形而导致的过早屈服; 另外, 在压应力作用下, 球形样品的最大应力位于样品内部而非表面, 因此可以有效抑制由于样品表面缺陷成核而导致的塑性屈服。基于上述考虑, 研究人员选取用特殊方法制备的微纳尺度的球形纯铁颗粒作为研究对象, 并对其进行的原位定量的研究。结果发现, 纳米铁球的屈服强度尺寸效应展现出两阶段特征: 1. 随着球形颗粒直径减小, 接触强度展现出常规的越小越强趋势; 2. 当纳米铁球小于临界尺寸 ($\sim 210\text{ nm}$) 时, 接触强度达到一个应力平台区, 即纳米铁球强度与尺寸没有依赖关系。相应的理论计算表明, 具有最大接触强度的纳米铁球内部的剪切屈服强度达到 $\sim 9.4\text{ GPa}$, 与第一原理和 Frenkel 模型预测的纯铁理想剪切强度一致。

根据以上叙述回答以下问题:

- (1) 为什么随着随着样品尺寸的减小, 金属材料的强度会越来越高? 对于纯金属, 单相金属或者低碳钢的屈服强度和晶粒大小之间的关系式?
- (2) 试讨论裂纹对断裂强度的影响, 并分析临界裂纹尺寸 a_c 和断裂韧性 K_{Ic} 与材料强度之间的关系。