

湖北汽车工业学院

2014 年硕士研究生入学考试试题答案

考试科目： 811 材料科学基础 (A 卷)

一、名词解释：1-5 小题，每小题 4 分，共 20 分。

- 1、晶胞：晶体中能代表其空间点阵结构的最小单元。
- 2、反应扩散：在固态扩散过程中，如果渗入元素在金属中溶解度有限，随着扩散原子增多，当渗入原子浓度超过溶解度时则反应生成不同于母相的固溶体或中间相，这种通过扩散形成新相的过程称为反应扩散。
- 3、成分偏析：液态合金在凝固过程中由于含高熔点多的合金先凝固，因此后凝固与先凝固的合金之间存在成分差异导致固相合金中出现成分不均匀的现象称为成分偏析。
- 4、柯氏气团：间隙原子与位错线进行弹性交互作用时，间隙原子将在位错线附近聚集，形成小原子集团，称为柯氏气团。
- 5、中间相：指合金组元间相互作用，当超过固溶体的固溶极限时可形成晶格结构和特性完全不同于任一组元的具有金属特性的新相。由于在相图中往往处于中间部位，因此又称为中间相。

二、简答：1-6 小题，共 85 分。

1、欲将一批齿轮进行渗碳，每炉装 200 件：在 900℃ 渗 6 小时可以达到预定的深度。假定在 900℃ 渗碳，每小时成本为 900 元，而在 1000℃ 渗碳每小时成本为 1300 元。问在哪一温度下渗碳成本较低？（已知 $Q=137746\text{J/mol}$ ， $R=8.31\text{J/mol.K}$ ）（15 分）

答：已知 $T_1=900+273=1173(\text{K})$, $T_2=1000+273=1273(\text{K})$ 。根据菲克第二定律，

$$D_{1173}t_{1173} = D_{1273}t_{1273}$$

$$\text{故 } t_{1273} = D_{1173}t_{1173} / D_{1273}$$

将 $D = D_0 \exp(-\frac{Q}{RT})$ 和 Q ， R 的值分别代入上式，得

$$\begin{aligned} t_{1273} &= D_{1173}t_{1173} / D_{1273} = 6 \times \exp\left(-\frac{137746}{8.31 \times 1173}\right) / \exp\left(-\frac{137746}{8.31 \times 1273}\right) \\ &= 2 \text{ (小时)} \end{aligned}$$

900°C 渗碳，每小时成本为 $C_{900} = 900 \times 6 = 5400$ (元)

1000°C 渗碳，每小时成本为 $C_{1000} = 1300 \times 2 = 2600$ (元)

故 1000°C 渗碳成本较低。

2、根据图 1 所示自由能—成分曲线说明，公切线将成分范围分成三个区域。每个区域内哪些相稳定？为什么？（15 分）

答：左侧 $A \sim N_B^\alpha$ 范围内 α 相稳定，因其自由能最低；右侧 $N_B^\beta \sim B$ 范围内 β 相稳定，也因其自由能最低。两公切线之间 $N_B^\alpha \sim N_B^\beta$ 范围内 $\alpha + \beta$ 两相共存稳定区，因任意一个单相存在时的自由能都不如它分解为成分为分切点处的 $\alpha + \beta$ 时，两相自由能的加权值低。

3、某单晶体受到一均匀切应力的作用，其滑移面上有一柏氏矢量为 b 的位错环，如图 2 所示（假设位错环线方向为 ABCD）。（1）分析该位错环中各段位错线的类型；（2）求各段位错线所受力的大小及方向；（3）说明在切应力的作用下，该位错环将如何运动，其运动结果如何？（15 分）

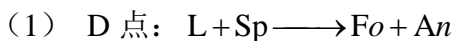
答：（1）由位错线与柏氏矢量之间的关系可以判断：A、C 点为纯刃型位错；B、D 点为纯螺形位错；其余为混合位错。

（2）位错线上各点均受到 $F = \tau b$ 的力，其方向为各点处的切线方向，并指向未滑移区。

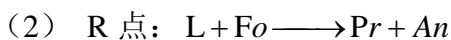
（3）在切应力 τ 下，若位错环能够运动，它将不断扩大。当位错环移出晶体时，上、下面部分晶体将产生一个 b 的宏观位移量

4、写出图 3 中所有四相平衡转变的反应式，并说明其反应类型。（15 分）

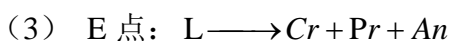
答：图中共有 3 个四相平衡转变，其反应式分别为



该反应为包共晶反应。



该反应为包共晶反应。



该反应为三元共晶反应。

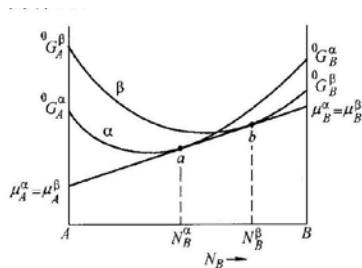


图 1

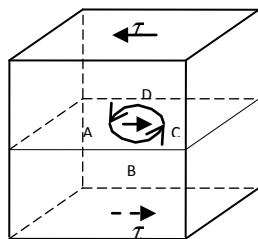


图 2

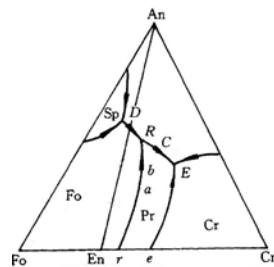


图 3

5、简述固态相变与液-固相变在形核、长大规律方面有何特点？分析这些特点对所形成的组织会产生什么影响？（10分）

答：

	固态相变	液-固相变
形核阻力	因比体积差而引起的畸变能及新相出现而增加的表面能，相变阻力大	形成新相而增加的表面能
形核驱动力	新相与母相的体积自由能差	液相与固相的体积自由能差
形核位置	大部分在缺陷处或晶界上非均匀形核。可能出现亚稳相形成共格、半共格界面，出现取向关系；亦有无核转变	在各种晶体表面非均匀形核
长大	新相生长受扩散或界面控制，以团状或球状方式长大，原子迁移率低；在大的过冷度下可能导致无扩散转变	新相生长受温度和扩散速率的控制，以枝晶方式长大
组织特点	组织细小，并可有多种形态；如魏氏组织、马氏体组织等	产生枝晶偏析及疏松、气孔、夹杂等冶金缺陷

6、谈谈你对材料的成分、组织、工艺与性能之间关系的理解。（15分）

答：材料的成分、组织、工艺与性能之间的关系非常紧密，互相影响。材料的力学性能往往对结构非常敏感，结构的微小变化，可能使性能发生明显变化。材料工作者的最终目标是根据最终需求，设计出合理成分，制订最佳生产流程，而后生产出符合要求的材料。

材料的成分不同，材料内部的组织结构可能发生改变，从而导致性能发生明显变化。如钢中的碳原子对钢的性能起着关键作用，当碳含量低时，材料的塑性较好，强度较低；当碳含量较高，材料的塑性明显降低，而强度会显著提高。

材料的内部结构可以分为不同层次，包括原子结构、原子的排列方式，以及显微组织和结构缺陷。如果同样的晶体材料，它的晶粒或相的形态、分布发生改变，就可能大大地改善其性能。任何一种材料的发展，无不与成分和结构密切相关。

材料的制备/合成和加工，不仅赋予材料一定的尺寸和形状，而且是控制材料成分和结构的必要手段。比如钢通过热处理改变了内部结构达到预期的性能，冷轧硅钢片通过复杂的形变加工形成织构，大大减少铁损。

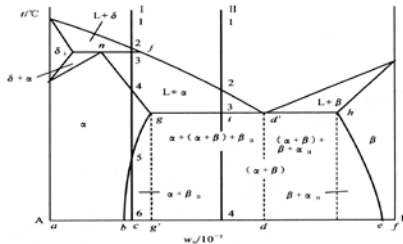
三、综合分析题：1-2 小题，共 45 分；其中第 1 题 25 分，第 2 题 20 分。

1、在图 4 所示二元合金相图中，请指出：

- (1) 水平线上反应的性质；
- (2) 各区域的组织组成物；
- (3) 合金 I 的冷却过程；
- (4) 合金 II 共晶温度下组织组成物相对量的表达式。

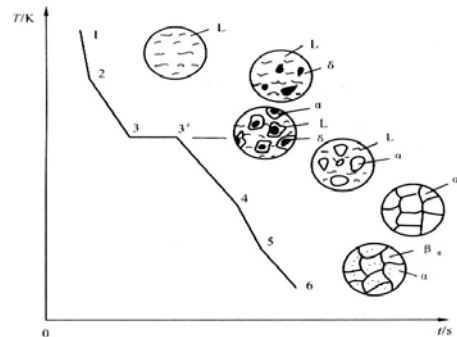
答：(1) 高温区水平线为包晶线，包晶反应： $L_j + \delta_k \rightarrow \alpha_n$ 中温区水平线为共晶线，共晶反应： $L_{d'} \rightarrow \alpha_g + \beta_h$ 。

(2) 各区域组织组成物如下图所示



(3) I 合金的冷却曲线和结晶过程如下图所示。

- 1~2, 均匀的液相 L。
- 2~3 匀晶转变，不断结晶出 δ 相。
- 3~3', 发生包晶反应 $L + \delta \rightarrow \alpha$ 。
- 3'~4, 剩余液相继续结晶为 α 。
- 4, 凝固完成，全部为 α 。
- 4~5, 为单一 α 相，无变化。
- 5~6, 发生脱溶转变 $\alpha \rightarrow \beta_{II}$ 。室温



下的组织为 $\alpha + \beta_{II}$ 。

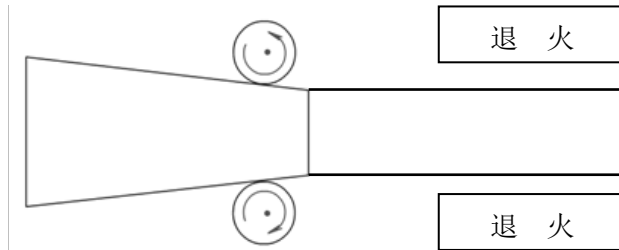
(4) 室温时，合金 II 组织组成物为 $\alpha + (\alpha + \beta)$ ，其组织相对量可由杠杆定律求得。

$$W_{\alpha} = \frac{d'g}{d'g} \times 100\%$$

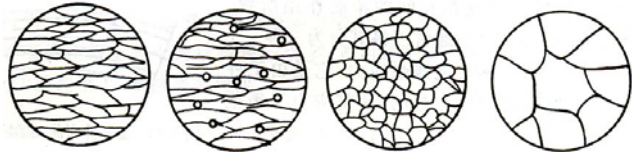
$$W_{(\alpha+\beta)_{共}} = \frac{ig}{d'g} \times 100\%$$

2、如图 5，将一楔型铜片置于间距恒定的两轧辊间轧制并进行再结晶退火。

- (1) 请画出轧制后晶粒示意图，说明性能变化。
- (2) 画出再结晶退火后的晶粒示意图。说明性能有何变化并分析原因。
- (3) 如果在较低温度退火，何处先发生再结晶？为什么？



答：经上述轧制、回复、再结晶退火后，铜片的晶粒如图所示，从左到右分别为：冷轧态、回复、再结晶和晶粒长大。



(1) 性能变化：冷轧后出现加工硬化，强度硬度显著提升，塑性韧性明显降低。

(2) 退火后晶粒示意图：晶粒细化，变成为等轴晶粒（第3个图）
性能变化：强度硬度降低，塑性韧性增加。

原因：加热后出现回复和再结晶，消除了加工硬化。

(3) 铜片最左端先结晶。因为此处最厚，轧制产生的变形量最大，冷变形储存能最高，有利于降低再结晶温度，在较低温度下退火时，容易再结晶。