

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 (B 卷)

(答案必须写在答题纸上，写在其他地方无效)

一、名词解释：1-5 小题，每小题 4 分，共 20 分。

- 1、配位数：在晶体结构中，和任意原子邻近且距离相等的原子数。
- 2、非稳态扩散：在扩散过程中任何一点的浓度都随时间不同而变化的扩散称为非稳态扩散。
- 3、成分过冷：合金溶液在凝固时理论凝固温度不变，过冷度完全取决于溶质成分的分布，这样的过冷称为成分过冷。
- 4、滑移：位错线沿着滑移面的运动。
- 5、应变时效：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。但是如果卸载后，将试样在室温下放置较长时间或者稍微加热，再进行拉伸又可以观察到屈服现象，不过此时屈服强度会有所提高，这种现象称为应变时效。

二、简答：1-6 小题，共 85 分。

- 1、面心立方晶体中的 $(1\bar{1}\bar{1})$ 为滑移面，位错滑移后的滑移矢量为 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 。(15 分)
 - (1) 在晶胞中画出柏氏矢量 \mathbf{b} 并计算其大小。
 - (2) 在晶胞中画出引起该滑移的刃型位错和螺型位错的位错线方向，并写出其晶向指数。

答：(1) $\mathbf{b} = \frac{a}{2}[\bar{1}10]$ ，其大小为

$$|\mathbf{b}| = \frac{a}{2}\sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}a$$

其方向如图所示。

(3) 位错线方向及指数见图。刃型位错的位错线方向为 $\frac{a}{2}[112]$ ，螺型位错的

位错线方向为 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 。

2、扩散的微观机制有哪些？一个经凝固而有微观非平衡组织的合金，采用什么措施可以加速扩散，使合金均匀化？（15分）

答：（1）扩散的微观机制有：

间隙扩散：晶体中存在的间隙原子通过晶格间隙之间的跃迁实现的扩散。通常小的间隙原子（C、H、O等）主要通过这种机制进行扩散。

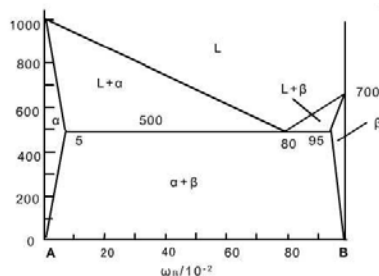
空位扩散：晶体中的扩散原子离开自己的点阵位置去填充空位，而原来的点阵位置形成新的空位，反复进行从而实现原子的扩散。置换固溶体或纯金属中原子的扩散主要以该方式进行。

其它扩散：直接换位和环形换位等扩散机制。

（2）凝固形成的微观不平衡，可采取均匀化退火来消除。由于原子在固态扩散的阻力较大，因此需要较高的温度和较长的时间。

3、组元 A 和组元 B 的熔点分别为 1000°C 和 700°C。A、B 二组元在液态无限互溶，室温时溶解度很低。在 500°C 时有一个三相平衡转变 $L_{Wb=80\%} \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \alpha_{Wb=5\%} + \beta_{Wb=95\%}$ 。试绘出 A-B 合金相图，并标出各区域的相组成。分析相图中适于铸造的合金成分，解释细化铸态组织的途径。（15分）

答：（1）该二元合金相图属于共晶转变相图，相图及各区域相组成如下图所示。



(2) 该相图中适于铸造的合金成分为共晶成分，即 $w_B=80\%$ 。因为此合金的熔点低，且平衡结晶在恒温下进行，因此铸造缺陷少。

(3) 要细化该铸态组织，可以通过加入变质剂、增加过冷度，或者采用机械、电磁搅拌等措施来提高形核率。

4、根据图 1 所示的浓度三角形，完成以下问题：(1) 写出点 P, R, S 的成分；(2) 设有 2kg P, 4kg R, 2kg S, 求它们混熔后的液体成分。(3) 若有 2kg P, 问需要多少何种成分的合金才可混熔成 6kg 成分为 R 的合金。(10 分)

答：(1) 从浓度三角形中可以直接求出 P、R、S 的成分分别为：

$$P_A=0.20, P_B=0.10, P_C=0.70$$

$$R_A=0.10, R_B=0.60, R_C=0.30$$

$$S_A=0.40, S_B=0.50, S_C=0.10$$

(2) 设该合金为 X, 其三个组元含量分别为

$$X_A = P_A \times P\% + R_A \times R\% + S_A \times S\% = 0.2$$

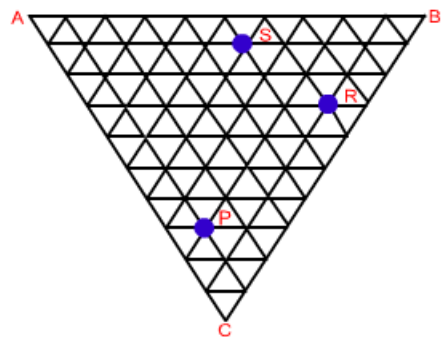
同理可算出, $X_B=0.45; X_C=0.35$

(3) 设该合金为 Y。混熔 6Kg 成分为 R 的合金，需要的合金质量为：

$$6-2=4 \text{ (Kg)}$$

同 (2) 可计算其成分为：

$$Y_A=0.05, Y_B=0.85, Y_C=0.10$$

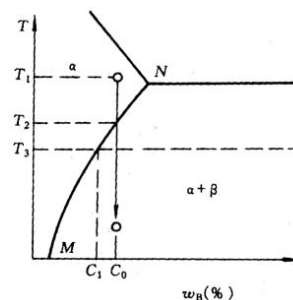


5、什么是脱熔沉淀？结合图 2 说明铝铜合金时效强化的步骤。(15 分)

答：(1) 从过饱和固溶体中析出一个成分不同的新相（或形成溶质原子富集区）的过程称为脱熔（或沉淀，脱熔沉淀）。

(2) 时效步骤：

- 加热到 T_1 温度保温（固溶），形成单相固溶体；
- 快速冷却到室温，形成过饱和固溶体（淬火）；
- 加热到 T_2 以下某一温度如 T_3 保温（人工时效），或者室温下长时间保持（自然时效）。



6、针对如何提高金属材料的强度，谈谈你的理解。（15分）

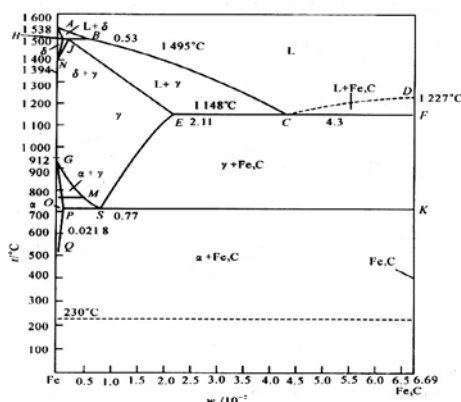
答：对于结构材料，最重要的性能指标是强度。强度是材料抵抗变形和断裂的能力，提高材料强度可以节约材料，降低成本。

理论上讲，提高材料强度有二条途径。一是降低缺陷密度。消除材料内部位错和其他缺陷，可使其强度接近理论强度。比如晶须，由于位错密度很低，所以强度很高。另一条途径是增加缺陷，以阻碍位错的运动。如金属材料的强化手段一般有固溶强化、细晶强化、第二相强化和形变强化，都是以增加缺陷的方法来提高其强度。综合运用这些手段，可以从另一方面接近理论强度。

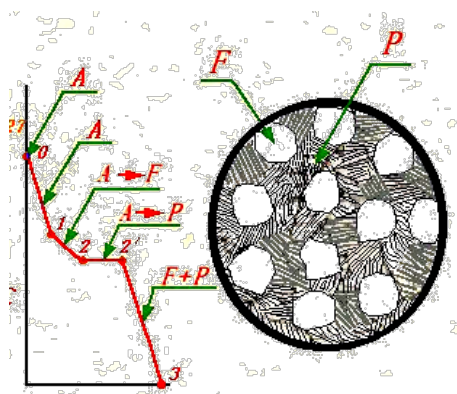
三、综合分析题：1-2 小题，共 45 分；其中第 1 题 25 分，第 2 题 20 分。

1、画出 Fe-Fe₃C 平衡相图；分析 w_C=0.2%合金的平衡结晶过程；计算该合金室温下相和组织的相对含量，并画出组织示意图；若该合金要进行渗碳处理，请确定合适的渗碳温度并予以解释。

答：（1）相图如下图所示。



（2）w_C=0.2%合金的平衡结晶过程及室温组织示意图如图所示。



(3) 冷却到室温时，相为铁素体 α 和渗碳体 Fe_3C ，其相对含量为：

$$\alpha\% = \frac{6.69 - 0.2}{6.69 - 0.0008} \times 100\% = 97\%$$

$$Fe_3C\% = 1 - \alpha\% = 3\%$$

冷却到室温时组织组成物为铁素体 **F** 和珠光体 **P**，其相对含量为：

$$F\% = \frac{0.77 - 0.20}{0.77 - 0.0008} \times 100\% = 74\%$$

$$P\% = \frac{0.20 - 0.0008}{0.77 - 0.0008} \times 100\% = 26\%$$

(4) 渗碳应在较高的温度 ($920^\circ\text{C} \sim 950^\circ\text{C}$) 下进行，有助于提高碳原子在奥氏体中的溶解度，提高扩散系数，从而缩短渗碳时间。

2、将经过大量塑性变形(如 70%以上变形度)的纯铜长棒的一端浸入冰水中，另一端加热至接近熔点的高温(如 $0.9T_m$)，过程持续进行 1h，然后试样完全冷却，试说明沿棒长度方向微观结构和性能的变化，并分析原因。(20 分)

答：该长棒沿冰水至高温方向温度逐渐升高，相应会在不同区域分别存在冷变形、回复、再结晶和晶粒长大。

(1) 靠冰水端为塑性变形后的冷变形组织，显微结构上缺陷密度明显增加，位错大量增殖并缠结形成胞状结构。原始晶粒被拉长，形成纤维组织。局部可能出现变形织构。性能上表现为强度硬度显著提高、塑性韧性明显下降。

(2) 离冰水端稍远的地方，温度逐渐升高，冷变形组织发生回复。此阶段，纤维组织形态基本不变，但空位扩散、聚集或消失，位错开始运动，缺陷数量降低，力学性能变化不大，但某些物理性能如电导率明显提高。

(3) 离冰水端更远的地方，温度达到再结晶温度，发生再结晶，形成无畸变的新晶粒。位错密度显著降低，材料的强度硬度明显降低，塑性韧性明显提高。

(4) 靠近高温端，由于温度很高，原子扩散能力增强，晶界迁移，晶粒长大。此时材料的塑性提高，强度硬度进一步降低。