

2007 年硕士研究生入学考试试题标准答案

一. 回答下述问题（任选 5 小题，共 30 分）

1. 什么叫空间点阵、晶格和晶胞？（6 分）

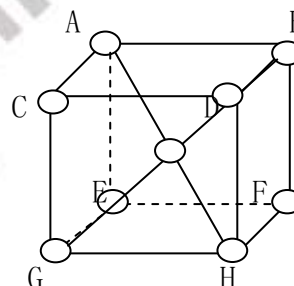
自然界有许许多多物质，他们由原子、分子或它们的集团组成，若这些原子、分子或它们的集团在空间规则排列，则为晶体。若用几何点代表这些原子、分子或它们的集团，这些几何点组成的点阵叫空间点阵。用直线将这些几何点相连接，组成的空间格子叫晶格。反映这格子的最基本几何单元叫晶胞。

2. 金属变形的临界变形量？（6 分）

金属冷形变量为 3~5%时，加热再结晶后晶粒会异常长大。该变形量称为临界变形量。

3. 画出体心立方金属晶体中的任一最密排面和最密排方向，写出其晶面、晶向簇指数。（6 分）

如左图体心立方金属晶体单胞八个顶点上分别标为 A、B、C、D、E、F、G 和 H 点，面 ACFH，方向 AH 和 CF



{110} 和 $\langle 111 \rangle$

4. 何谓再结晶温度？（6 分）

形变后金属在 1 小时内完成的再结晶的最低温度。

5. Fe-Fe₃C 二元相图是否平衡相图？简说理由（6 分）

不是平衡相图，组成相图的组分 Fe₃C 是亚稳相，而不是稳定相石墨。

6. 什么是柏氏矢量？全位错和不全位错的柏氏矢量特征？

柏氏矢量表征晶体原子位置错动的大小和方向的矢量。全位错的柏氏矢量等于原子间距的整数倍的位错，不全位错小于原子间距。

二. 画出 Fe-Fe₃C 二元相图，描叙含碳量为 0.77%的钢从液态到室温平衡冷却过程，画出冷却曲线，固态相变有那些？写出反应式和反应时各相成分，计算共析反应完后的组织物的相对量和相的相对量，并分析这些组织的性能特点

(30分)。

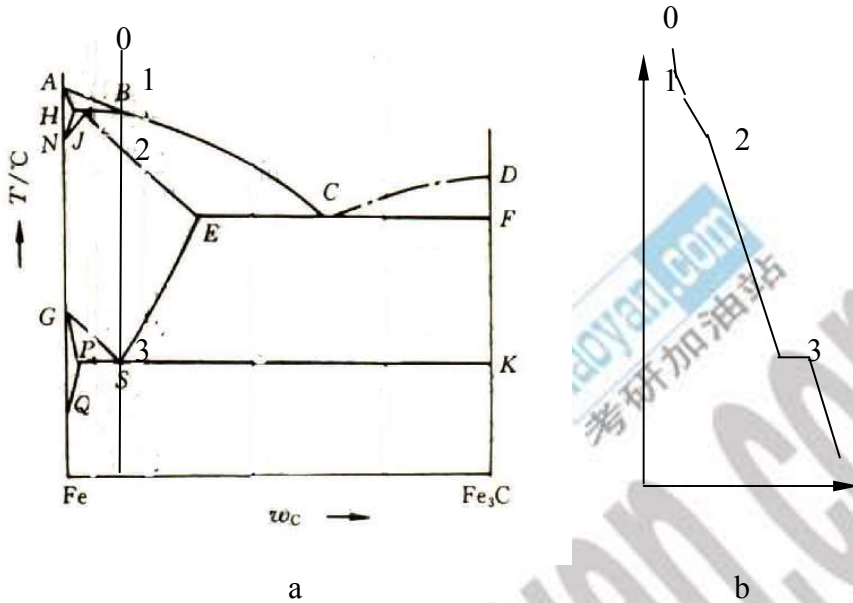


图 2. Fe-Fe₃C 合金相图 (a) 及其含碳量为 0.3% 钢的冷却曲线

0-1 合金液冷却, 1-2 从液相中结晶出 γ 奥氏体, 2-3 奥氏体冷却, 3-共析反应, 3 以下从铁素体中析出三次渗碳体。

固态相变有: $\gamma \rightarrow \alpha + \text{渗碳体 (Cem)}$, γ 奥氏体成分在 S 点, α 在 P 点, 渗碳体则为 K 点; $\alpha \rightarrow \text{三次渗碳体}$, α 成分沿 PQ 线, 渗碳体则为 K 点。

组织组成物: 珠光体 100%

$$\text{相: 渗碳体 \% Cem} = \frac{0.3 - 0.0218}{6.69 - 0.0218} = 11.2\%$$

$$\text{铁素体 \% } \alpha = 1 - \% \text{ Cem} = 88.8$$

珠光体的强度高, 有一定的塑韧性, 综合机械性能较好。

三. 简述试从热力学角度分析液态纯金属凝固时, 形成一个核心的所需临界形核功, 分析凝固时液体的过冷和液体中的能量起伏现象。(15分)

液态金属冷却到凝固点以下, 因液相中结构和能量起伏, 有不少类似晶体的晶坯, 这些晶坯大于临界尺寸后便成为晶核, 这些晶核长大成为晶粒。相变的驱动力为固相与液相的自由能差值, 阻力项为晶核与液相的界面能, 临界形核功为 $1/3$ 的临界核的界面能。

所谓的结构起伏是这些类似晶体的晶坯这里出现，那里消失，同一地点不同时间出现或消失；其微小区域的能量也是这样变化，该现象叫能量起伏。

四. 什么是冷塑性变形金属的滑移线和滑移带，其产生的原因。金属晶体内位错产生使其哪些力学性能变化？再结晶退火过程中金属组织与性能的变化过程？（20分）

冷塑性变形金属晶体中位错增殖源开动，大量位错产生。一系列位错沿晶体中固定的滑移面扩展，逸出晶体表面留下小台阶，这些小台阶组成滑移线，而许多滑移线组成滑移带。

位错产生后，其运动更加困难，因而硬度和强度增加，塑性下降，出现加工硬化现象。冷塑性变形后的金属，储存大量的能量，因此在再结晶退火过程中金属发生再结晶，许多同一结构的新晶粒形核长大，晶粒长成等轴状，塑性恢复，强度和硬度降低。

五. 金属材料的强化方法有那些？从位错角度出发分析其中二种方法的强化机制（20分）

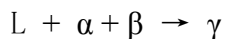
金属强化的方法有：固溶强化、形变强化、细晶强化、弥散强化、复合强化等（10分）。

固溶强化：固溶原子与位错间的交互作用使得固溶原子在位错线处偏聚，其结果形成柯氏气团。此时想推动位错运动必须提供一个附加是用于位错摆脱柯氏气团中溶质原子或带动其一起运动，这样材料中位错运动难度增大，材料得到强化（5分）。

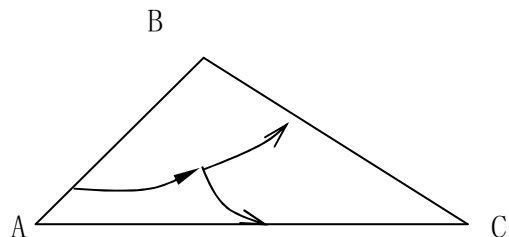
弥散强化中的绕过机制：位错每绕过弥散质点一次会留下一条位错环，位错环不断增加导致位错运动阻力加大，材料进而得到强化（5分）。

六. 如下图元素 A、B 和 C 组成三元相图，这是什么类型相图？写出四相反应，并判断熔点最高和最低的纯元素物质。（10分）

包晶型的相图



A 熔点最高和 C 最低



七. 一个面心立方金属晶体的单晶体在 (111) 面和 $[1\bar{1}0]$ 方向的临界切应力为 1.5MN/m^2 , 证明作用在 $[100]$ 方向上的单轴拉伸应力为 3.67MN/m^2 , 并写出滑移的单位位错的柏氏矢量。(15 分)

由临界分切应力方程有 $\tau = \sigma \cos \phi \cos \lambda$

$$\text{根据题意 } \cos \phi = \frac{1.1+0.1+0.1}{\sqrt{1^2+0^2+0^2}\sqrt{1^2+1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\cos \lambda = \frac{1.1+0.(-1)+0.0}{\sqrt{1^2+0^2+0^2}\sqrt{1^2+(-1)^2+0^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\sigma = \frac{\tau}{\cos \phi \cos \lambda}$$

已知 $\tau = 1.5\text{MN/m}^2$ 代入上式

$$\sigma = 1.5 \times \sqrt{6} = 3.67\text{MN/m}^2 \text{ 得证 (3 分)}$$

因是面心立方晶体, 故滑移的单位位错的柏氏矢量为: $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$, 其中 a 为其晶格常数 (4 分)。

八. 扩散第一定律可用于什么情况? , 说明公式中各参量的物理意义, 并列影响扩散系数的因素。(10 分)

该式用于稳态扩散情况, 体系中 dC/dx 为恒定值, 不随时间变化而改变。 $J = -D \frac{dC}{dx}$: 式中 J 为扩散通量 ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{sec}$); D 为扩散系数 (cm^2/sec); dC/dx 为浓度梯度。

扩散系数由扩散激活能确定, 其影响因素有: 固溶体类型; 晶体结构类型; 晶体缺陷和化学成分等。