

编写说明

本资料为北航材料学院99-02年金属学原理复试试题。感谢程昊同学提供源材料,本资料经朱言言同学重新整理录入。由于时间仓促、暂不制作试题答案,请见谅。纰漏颇多,祈请指正。

3601大班考研资料整理小组

2009 年 11 月 6 日

北京航空航天大学 1999 年研究生考试复试试题

一 (4 分)

某晶体的原子位于正方点阵的节点上,点阵常数 a, b, c 之间有如下关系 $a=b, c=1/2a$ 。今有一晶面在 x, y 和 z 轴上的截距分别为 12 个原子间距, 4 个原子间距和 8 个原子间距, 试求该晶面的米勒指数。

二 (4+6 分)

1 已知体心立方结构的致密度为 0.68, 八面体间隙半径约为 $0.155R$, 四面体间隙半径约为 $0.291R$, 面心立方结构的致密度为 0.74, 八面体间隙半径为 $0.414R$, 四面体间隙半径约为 $0.225R$ (R 为原子半径), 试问 $\alpha\text{-Fe}$ 还是 $\gamma\text{-Fe}$ 会溶解多的碳? 为什么?

2 假设碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 和 $\gamma\text{-Fe}$ 中的最大固溶度分别为 0.1% 和 8.9% (原子百分数), 碳均位于八面体间隙中。试分别计算 $\alpha\text{-Fe}$ 和 $\gamma\text{-Fe}$ 中八面体间隙被碳原子占据的百分数 (即被碳原子占据的八面体间隙数占八面体间隙总数的百分数)

三 (4+6 分)

1 简述金属结晶过程的热力学条件、动力学条件、能量条件和结构条件
2 试证明在同样过冷度下均匀形核时, 球形晶核较立方形晶核更容易形成

四 (6 分)

Al-Cu 合金相图如图所示。假设分配系数 k 和液相线斜率均为常数, 试求

1 含 1%Cu 的固溶体进行缓慢的正常凝固, 当凝固分数为 50 时所凝固出的固体的成分;

2 当铸件的凝固速率 $R=3\times 10^4\text{ cm}$, 温度梯度 $G=30^\circ\text{C}/\text{cm}$, 扩散系数

$D=3\times 10^{-5}\text{ cm}^2/\text{s}$ 时, 合金凝固时能保持平面界面的最大 Cu 量。

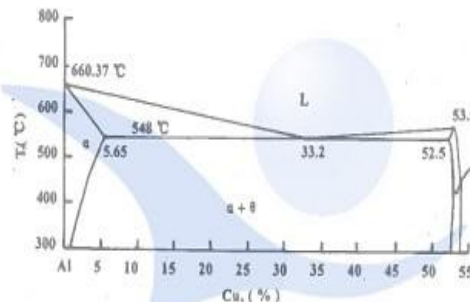
五 (12 分)

画出 $Fe-Fe_3C$ 系 3.5%C 的铁碳合金缓慢冷凝时的冷却曲线。计算该合金室温时的组织组成物和相组成物的相对含量。

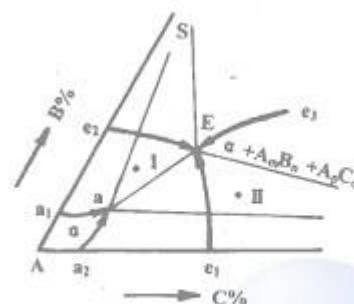
六 (13 分)

已知 ABC 三元系富 A 部分液相线投影图如题六图所示。

- 1 写出在 E 点相交的三条相变线上所存在的反应；
- 2 图中 I 成分和 II 成分合金平衡冷凝后分别由哪些相和组织组成？
- 3 图中什么成分的合金平衡冷凝后是由等量（重量百分数）的 a 初晶和 $(a+A_mB_n+A_pC_q)$ 三元共晶所组成？
- 4 画出过 e_1 ， e_2 的垂直截面图。



题四图 Al-Cu 二元状态图(铝侧)



题六图 A-B-C 三元系富 A 部分液相线投影图

七 (10 分)

金属材料在塑性变形后会产生哪些组织和性能变化？举例说明如何利用塑性变形来提高金属材料的使用性能、

八 (10 分)

简述位错的基本性质。利用位错理论解释低碳钢在常温下的上下屈服点现象。简要说明可通过哪些途径提高金属材料的屈服强度。

九 (6 分)

纯铁在 870°C 下渗碳。假设 870°C 时奥氏体中的碳的最低浓度为 0.15%，饱和浓度为 1.2%，渗碳时表面为饱和奥氏体，心部维持为铁素体。试画出该渗碳体件在室温下由表面至心部的平衡组织示意图。

十 (7 分)

简述晶界在常温及高温下对金属材料强度的不同贡献。如何提高金属材料的高温强度？

十一 (5 分)

何谓再结晶？简要说明变形量，温度，晶粒尺寸对再结晶有何影响。

十二 (7 分)

什么是调幅分解？他和脱溶转变有什么区别？

北京航空航天大学 2000 年研究生考试复试试题

一简述题 (35 分)

- 1 简述液态金属的结构特点 (5 分)

- 2 与液固相变（凝固）相比，简述金属固态相变的特点（6 分）
 3 何谓组成过冷？组成过冷对合金凝固组织形态有何影响？（7 分）
 4 组元 A 具有面心立方结构，组元 B 固溶于 A 中形成置换式固溶体，试问成分为 A_3B 和 A_2B 得两固溶体中，何者更易发生有序化？（4 分）
 5 简述间隙固溶体及间隙相的结构及性能特点（7 分）
 6 何谓重结晶，再结晶，二次再结晶？（6 分）

二（12 分）

试述通过控制凝固过程，细化金属晶粒的主要方法及细化晶粒的机理。

三（8 分）

试述固态金属中原子扩散的主要机制及影响扩散系数的主要因素。

四（18 分）

根据 $Fe-Fe_3C$ 相图，（1）分析 3%C 的亚共晶白口铸铁的凝固过程并画出其冷却曲线（2）计算共晶凝固结束时，组织中初生 γ 以及莱氏体的重量百分数（3）共晶凝固结束时，组织中 γ 相与 Fe_3C 相得重量百分数（4）室温组织中二次渗碳体所占的重量百分数。

五（17 分）

（1）图 5 为固态下完全不互溶的三元共晶相图的投影图，试分析 D, G, F 三个合金的凝固过程，并用数学式表示出各合金室温组织组成物的相对量

（2）画出过图 5 中 MN 的垂直截面图，并标明各相区中的平衡相



六（10 分）

当面心立方晶体中 $(11\bar{1})$ $[\bar{1}10]$ 滑移开动时，（1）写出引起滑移的单位位错的伯氏矢量；（2）若滑移分别是由纯刃形位错及纯螺形位错引起的，试分别指出此两种位错线的方向及滑移时此两位错线的运动方向；（3）写出纯刃形位错多余半原子面的晶面指数。

答：（1）面心立方中的单位位错为 $\frac{a}{2} \langle 110 \rangle$ ，方向 $\langle 110 \rangle$

（2）刃形位错：位错线的方向 $[110]$ ，位错线运动方向 $[\bar{1}10]$

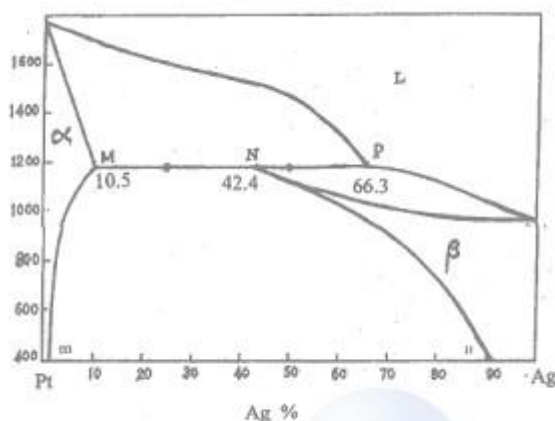
螺形位错：位错线的方向 $[\bar{1}10]$ ，位错线运动方向 $[110]$

（3） $(\bar{1}10)$

北京航空航天大学 2001 年研究生考试复试试题

一简述题 (6×10 分)

- 1 写出体心立方及面心立方结构的密排方向的晶面指数, 分别计算体心立方及面心立方结构的致密度及八面体间隙半径 (其晶格常数均为 a);
 - 2 简述影响置换式固溶体溶质固溶度的主要因素;
 - 3 简述影响固溶体中原子扩散的主要因素;
 - 4 简述影响冷加工塑性变形金属再结晶晶粒度的主要因素;
 - 5 以 Al-4.5%Cu 合金为例, 简述过饱和固溶体时效析出过程的一般特点;
- 答: (1) 时效析出过程一般为扩散型固态相变
 (2) 时效析出过程往往不能达到平衡状态, 一般通过非平衡转变形成亚稳相, 且可能形成不同的过渡相
 (3) 新相的一般以共格方式析出, 而后逐渐过渡为稳定相。
- 6 简要比较孪晶变形与滑移变形的变形特点;
 - 7 简述刃形位错和螺形位错的基本特征及其运动特点;
 - 8 简述金属塑性变形过程中位错增值的主要机制;
 - 9 位错反应 $\frac{a}{2}[\bar{1}10] \Rightarrow \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}]$ 能否进行? 为什么?
 - 10 根据 Pt-Ag 二元相图 (见题一 10 图), 分别计算包晶转变结束时 Pt-25%Ag 及 Pt-50%Ag 两合金的相组成重量百分数。



题一、10 图

二 (15 分)

综合运用你所学的金属学原理, 试述细化金属材料晶粒可采取的主要方法及机理

三 (15 分)

含碳量为 2.5% 的 Fe-C 合金按照 $Fe-Fe_3C$ 亚稳系平衡凝固:

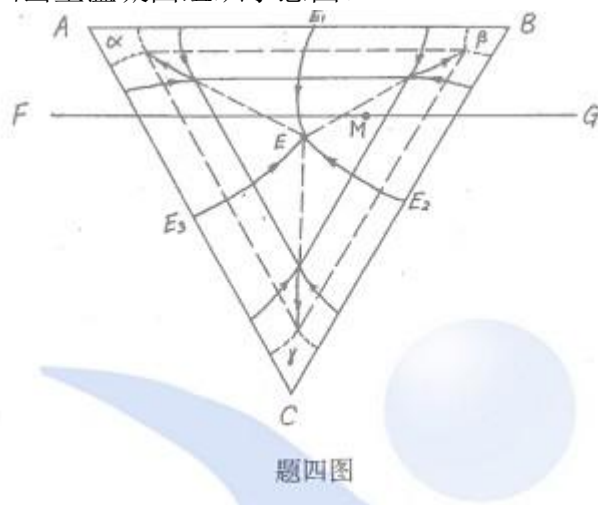
- 1 画出其冷却曲线, 分析其凝固过程并画出其凝固组织示意图;
- 2 计算共晶凝固结束时, 凝固组织中组织组成及相组成的重量百分数

四 (10 分)

根据固态下有限互溶三元共晶相图的水平投影图 (见题四图):

- 1 画出过直线 FG 的垂直截面图;

- 2 分析合金 M 的凝固过程（画出其冷却曲线并画出各阶段凝固组织示意图）；
3 画出室温凝固组织示意图。



北京航空航天大学 2002 年研究生考试复试试题

一（10 分）

分别求出体心立方及面心立方晶胞的原子数、原子半径、配位数、致密度并分别写出其密排面与密排方向的晶面指数与晶向指数。

二（10 分）

何谓固溶强化？置换式固溶体和间隙式固溶体相比，何者的固溶强化效果强？试述影响置换式固溶体中溶质原子固溶度的主要因素。

三（10 分）

试述合金固溶体中原子扩散的主要微观机制以及影响溶质原子扩散的主要因素

四（8 分）

同凝固过程相比，试述合金固态相变的主要特点。

五（7 分）

金属单晶塑性变形有哪两种基本形式？试比较其变形特点。

六（15 分）

简要叙述（1）刃形位错及螺形位错的基本特征及运动特点（2）金属单晶塑性变形过程中位错增殖的主要机制（3）位错反应的条件并判断位错反应

$$\frac{a}{2}[110] \Rightarrow \frac{a}{6}[121] + \frac{a}{6}[211] \text{ 能否进行。}$$

七（15 分）

含碳量为 0.85%C 的高碳钢按照 $Fe-Fe_3C$ 亚稳系平衡凝固，试分析其凝固及固态

相变组织转变过程：（1）画出冷却曲线及其冷却过程中各阶段组织形成示意图；

（2）分别计算共析转变结束时组织组成及相组成的重量百分数。

八（10 分）

简述冷加工塑性变形金属在回复过程中发生的组织结构及性能变化。

九（6+9 分）

1 何谓凝固偏析？简要叙述合金产生凝固偏析的原因及通过控制合金凝固过程减轻凝固偏析可以采取的主要措施。

2 写出霍尔-佩奇 (Hall-Petch) 关系式, 简述细化晶粒为何能同时提高金属材料的强度和塑性。

答: **细晶强化的本质:** 晶界有效地阻碍了位错的运动。因为晶界上的原子排列错乱, 杂质缺陷众多, 且晶界两侧的晶粒位向不同。这就阻碍了位错从一个晶粒向另一个晶粒的运动。晶粒越细, 单位体积内的晶界体积就越大, 对位错的阻力也越大, 材料的强度就越高。

强化效果可以用 Hall - Petch 关系式表示 $\sigma_y = \sigma_i + k_y d^{-1/2}$
 σ_y 为屈服强度, σ_i 和 k_y 是两个材料有关的常数 (σ_i 大体相当于单晶体的屈服强度), d 为晶粒的平均直径。

细晶粒提高强度的原因: 钢晶粒细化后, 晶界增多, 而晶界上的原子排列不规则, 杂质和缺陷多, 能量较高, 阻碍位错的通过, 即阻碍塑性变形, 也就实现了高强度。

塑性, 韧性好的原因: 晶粒越细, 在一定体积内的晶粒数目多, 则在同样塑性变形量下, 变形分散在更多的晶粒内进行, 变形较均匀, 且每个晶粒中塞积的位错少, 因应力集中引起的开裂机会较少, 有可能在断裂之前承受较大的变形量, 既表现出较高的塑性。细晶粒金属中, 裂纹不易萌生 (应力集中少), 也不易传播 (晶界曲折多), 因而在断裂过程中吸收了更多能量, 表现出较高的韧性。