

2011年真题

## 名词解释

## 金属间化合物

A和B两组元组成合金,除形成以A为基或以B为基的固溶体外,还可形成晶体结构与A、B两组元均不相同的新相,由于它们在二元相图上的位置总是位于中间,因此称为中间相,即金属间化合物。金属与金属或金属与非金属之间形成的化合物。

5. 位错  $P$  12年

单位体积晶体中所包含的位错线总长度  $P = \frac{S}{V}$

## 3. Schmid定律

$\tau_c = G_s \cos \phi \cos \lambda$ , 即当在滑移面的滑移方向上,分切应力达到某一临界值  $\tau_c$  时,晶体就开始屈服,  $G_s = G_s$ 。  $\phi$  表示滑移面法线方向与外力的夹角,  $\lambda$  表示滑移方向与拉力轴的夹角。

## 4. 选分结晶

合金结晶过程中,结晶出的固相与共存液相的成分不同,这种结晶称为选分结晶。

## 5. 晶带定律

晶带轴  $[uvw]$  与该晶带中任一晶面  $(hkl)$  之间满足下列关系:  $huk + kv + lw = 0$ 。

凡满足上式的晶面都属于以  $[uvw]$  为晶带轴的晶带,上称为晶带定律。

## 6. 孪生

晶体在切应力作用下沿着一定的晶面和晶向,在一个区域内发生连续均匀的切变,变形的结果使这部分的晶体取向改变了,已变形的晶体部分与未变形的晶体部分保持镜面对称关系,这一过程称为孪生。

## 7. 上坡扩散

原子由低浓度处向高浓度处进行的扩散。

## 8. 直线法则

二元系统两相平衡共存时,合金成分点与两平衡相的成分点必须位于一条直线上。

## 9. 平衡分配系数

在一温度下溶质在固相中的浓度与在液相中的浓度之比，用  $k_0$  表示。

$$k_0 = \frac{x_s}{x_L}, \quad x_s, x_L \text{ 分别表示溶质在固相和液相中的摩尔分数。}$$

## 10. 动态过冷

晶体长大时实现原子由液相转移到固相所需要的界面过冷度。

即液-固界面向液相移动时所需的过冷度，称为动态过冷度， $\Delta T_k$  表示。

界面上液相温度低于熔点  $T_m$ ，即有一个过冷度  $\Delta T_k$  时，晶核才可以长大。这种现象称为动态过冷。

现象称为动态过冷。

## 二. 问答题

1. 什么是位错？说明位错在材料中的作用？

答：(1) 位错为晶体中已滑移区与未滑移区的边界，属于线缺陷。

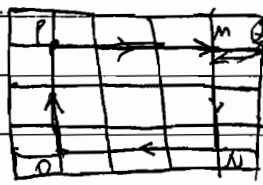
(2)

2. 柏氏矢量是怎么确定的？

答：① 选定位错线的正向。

② 在实际晶体中，任一原子出发，围绕位错以一定的步数作一个一定大小的回路。

③ 在理想晶体中按同样的方向、步数作相同的回路，回路不封闭，由终点向起点引一矢量  $\vec{b}$ ，使回路闭合，这个矢量就是实际晶体中位错线的柏氏矢量。



3. 间隙相、间隙固溶体和间隙化合物的区别是什么?

答: ① 原子半径较小的非金属元素如 C、H、N、B 等可与过渡族金属原子形成间隙相或间隙化合物。非金属 X 原子半径与金属 M 原子半径之比,  $r_X/r_M < 0.59$  时, 形成具有简单晶体结构的相, 称为间隙相;  $r_X/r_M > 0.59$  时, 形成具有复杂晶体结构的相, 称为间隙化合物。

溶质原子分布于溶剂晶格间隙而形成的固溶体称为间隙固溶体。

② 间隙固溶体中的金属组元仍保持着自身的晶格结构, 而间隙相和间隙化合物中的金属组元大多与自身原来结构类型不同, 而间隙化合物中的金属原子常可以被其他金属原子所置换。

③ 间隙相和间隙化合物中原子结合键为共价键和金属键, 间隙相的熔点、硬度极高, 间隙化合物的熔点、硬度较高。间隙固溶体的力学性能特点为软而韧。

4. 扩散机制有哪些? <sup>12年</sup>影响扩散的因素主要有哪些?

答: (1) 间隙机制

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, 像 C、N、H、O 这类尺寸很小的原子在金属晶体内的扩散。

(2) 空位机制

如果晶格结点某处的原子空缺, 相邻原子会跃迁到该空位位置, 跃迁后又留下新的空位, 如此反复, 实现原子的扩散, 这种扩散机制称为空位机制。  
原子能这种跃迁可以看作  
是空位的反向运动

(3) 影响扩散的因素:

a. 温度 温度是影响扩散速率最主要的因素, 温度越高, 原子热激活能量越大, 越易发生迁移, 扩散系数也越大。

b. 固溶体类型 不同类型的固溶体, 其扩散机制不同, 间隙固溶体的扩散激活能一般均较小。

c. 晶体结构 原子排列越紧密, 晶体结构的致密度越高, 激活能越大, 扩散系数较小。固溶体的溶解度不同, 造成浓度梯度不同。晶体的对称性越低, 扩散各向异性越显著。

d. 晶体缺陷. 点缺陷影响扩散的空位浓度, 线缺陷主要形式是位错, 位错线附近溶质原子浓度高于平均值, 原子在位错中沿位错线的管道扩散比晶体中的扩散快; 面缺陷, 本身所处较高能量状态, 相应扩散激活能较低  $D_{表面} > D_{晶界} > D_{位错} > D_{晶内}$

e. 化学成分 结合键能不同, 影响激活能; 组元浓度影响扩散系数, 加入第三组元会影响扩散系数.

f. 应力的作用. 如果合金内部存在应力梯度, 应力会提供原子扩散的驱动力, 若在外部施加应力, 也会导致扩散的产生, 促使原子向晶体点阵伸长部分迁移.

5. 塑性变形的主要形式有哪些? 并比较它们的异同点?

答: 塑性变形的主要形式有滑移、孪生

相同点, ①宏观上, 都是切应力作用下发生的剪切变形.

②微观上, 是晶体的一部分沿一定晶面和晶向相对于另一部分的移动过程.

③两者都不改变晶体结构.

④从机制上看, 都是位错运动的结果.

不同点, ①滑移不改变晶体位向, 孪生改变晶体位向, 形成镜面对称关系.

②表面形貌不同, 孪生变形表面形成浮凸.

③滑移是位错运动的结果, 原子的位移是滑移方向上原子间距的整数倍.

孪生是不全位错  $\dots\dots\dots$  小于孪生方向上的原子间距.

④滑移是不均匀切变过程, 孪生是均匀切变过程.

⑤孪生所需临界切应力值远大于滑移.

⑥滑移比较平缓, 应力应变曲线较光滑连续, 孪生则呈锯齿状.

⑦滑移对塑性变形的贡献很大, 孪生对塑变贡献有限, 总变形量小.

6. 再结晶晶核的形核和长大与凝固结晶的形核和长大有哪些区别? (参考E面) 补充2)

答: (1) 再结晶的晶核不是新相, 其晶体结构并未改变, 当过冷度较小时, 形核方式为晶界处形核, 当过冷度较大时, 以亚晶形核或形核。晶核形成之后, 借界面的移动向周围畸变区域长大, 界面移动的推动力是无畸变的新晶粒与周围畸变的母体之间的应变能差, 晶界总是背向其曲率中心, 向着畸变区域推进, 长大分为正常长大和异常长大。

(2) 凝固结晶的形核方式分为均匀形核和非均匀形核, 形核需要过冷、能量起伏、结构起伏及临界晶核半径。长大是通过液体中单个原子或若干个原子同时依附到晶体表面上, 并按晶面原子排列的要求与晶体表面原子结合起来, 按长大方式有连续生长、二维晶核、借螺型位错长大等方式。

7. 什么是成分过冷? 它对液-固界面的影响?

答: (1) 凝固的产生并不是由热的过冷引起的, 而是由于固液合金在凝固过程中界面前沿的液体成分有变化而产生一个过冷区, 称为成分过冷。[界面前沿液体中的实际温度低于由溶质分布所决定的凝固温度时产生的过冷]

(2) 无成分过冷时, 界面呈平直状; 较小成分过冷时, 界面呈胞状; 较大成分过冷时, 界面呈树枝状。

当液体的实际温度梯度大于临界温度梯度时, 不产生成分过冷, 因液体合金的凝固和纯金属一样, 在正温度梯度下晶体生长以平面式向前推进。

当成分过冷区较小, 生长的晶体表面前沿只能稍稍突向伸展于液体中, 小的成分过冷区限制其生长, 这种生长称胞状生长。

当成分过冷区大时, 晶体的树枝状生长能得到完善的发展, 以树枝状生长。

8. 铸锭的各部分组织是什么及它们的形成机制?

答: 铸锭的凝固组织分为: 表层细晶区、柱状晶区、中心等轴晶区。

(1) 表层细晶区。

当高温液体流入铸模后, 液体受到强烈冷却获得很大的过冷, 又由于模壁是非均匀形核的有利位置, 因而在模壁表面上产生大量晶核, 这些晶核迅速长大至相互接触, 形成表层细晶区。

(2) 柱状晶区。

表层细晶区形成后改变了模内液体的温度分布, 在晶体生长前没产生了负的温度梯度。柱状晶的形成, 就是在表层细晶粒带上引起枝状生长的结果。

(3) 中心等轴晶。

① 柱状晶在生长过程中由于铸模内液体的对流, 树枝被打碎, 悬浮在液体中, 在铸模中心的温度过冷到熔点以下时得以任意生长。树枝越长的晶体越易被打碎, 因此, 那些结晶温度间隔范围大的合金, 散热快的金属模或冷模会引起更强的液体对流, 这些因素会促使中心等轴晶的形成。

② 随着凝固过程的进行, 铸模中心的温度梯度越来越平缓, 合金很容易产生成分过冷, 大的成分过冷范围, 使柱状晶停止生长, 前之可能产生一些新的晶核。