

答 案

3.40J/22.71J 物理冶金

期中考试

1.5 小时

闭卷，不得参考书和笔记本

$R = 8.3 \text{ J/mole K} = 1.98 \text{ cal/mole K}$. $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

完成所有四道试题，它们所占比重相等。写出你解题的所有步骤，并确认所有的假设和结果。本考试用你选择的墨水笔答题，但不能用退色水笔。

1. 三个晶粒以 120 度夹角相接触。一个第二相位于三个晶粒交界处。请定量描述在下列条件下第二相的平衡形貌。

a. $\gamma = 120^\circ$

b. $\gamma = 90^\circ$

c. $\gamma = 60^\circ$

答案：

许多学生这一题解答的很好。

a. 简单的受力三角形得到三棱柱形材料位于晶界。有人指出这些相可能不规则，或许就应该如此

b. 两个晶界为两个晶粒界面所替代的自由能变化为零。因此，相穿入晶界。

c. 受力三角形的结果为 168 度。相几乎为针状。也可能不规则，但不要求你知道这些。

2. 在课堂上推导了 Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov 方程

a. 概述方程的来历。请特别注意假设和近似。

b. J-M-A-K 方程的假设在实际的退火过程中有怎样的误差？至少给出三个不相符的地方。

答案：

a. 假设在任意位置形核速率为常数，并且长大速率为常数且各向同性，则粒子生长为球形。不考虑先生成的晶核，则形核和长大只是在未转变的材料中发生。推导不考虑纯材料。

b. 所有的假设都有误差。形核肯定不是随机的，也不是以恒定的速率进行的，即使在未转变的材料中。长大不是各向同性的并且肯定随再结晶晶粒尺寸而变化，其中一个原因是由于溶质原子的钉扎。若不考虑初生的晶核，也就不违背该假设。

3. 考虑间隙溶质和位错的交互作用。

a. 请解释为什么在BCC晶体中间隙溶质和螺形位错交互作用，而在FCC中却没有。请用示意图或公式来说明你的观点。

b. 说出一种由位错：溶质交互作用引起的冶金现象。描述此现象并说出其原因（这一现象不一定要求是我课堂上讨论过的或教材上所写的）。

答案：

a. FCC 晶格中的间隙具有立方位移场，因此不产生切变应力或应变。螺型位错只产生切变，因此不与 FCC 间隙交互作用。BCC 晶格中的间隙产生四方应变，既产生切应力也产生正应力。因此，这种缺陷与螺位错发生交互作用。

b. 我认可上下屈服点，吕德斯带，Portevin-Lechatlier 效应，或其他相关的位错：溶质交互作用引起的冶金现象。

4. 既没有粗化，也没被拖拽的第二相粒子可能对限制晶粒尺寸非常有效。

a. 请尽可能定量的叙述上述现象的物理本质。

b. 一般认为每一个晶粒面至少有一个粒子是有效限制晶粒尺寸所需要的。

1. 给出上述说法的基本原理。

2. 如果粒子的半径为 r ，体积百分数为 f_v ，估计一下每一个面有一个粒子时的最小晶粒尺寸。为简化起见，你可以设定立方体晶粒。

答案：

a. 我要求讨论将晶界从粒子拖离，以及用新晶界面积填充晶界中的空洞

b. 没有粒子的任何面都能自由迁移。钉扎立方体的其中五个面只能产生拉长的平行四面体管道

平均面积/某个面的面积 至少应为粒子截面的面积，或者比粒子赤道面积略小。

并且，以单位面积计量的面积量等于以单位体积计量的体积量。

因此有： $3.14D^3/a^2 = f_v$ 或： $a > D/f_v^{0.5}$

对于答案为 $f_v^{0.33}$ ，我也认为基本正确