

### 3.40J/22.71J 物理冶金学

#### 问题集 5 答案

##### 问题 A

- a. 溶质不能限制晶粒尺寸的上限。它也许只能减慢晶粒长大。粒子将更为有效，只要它们不会粗化或受到拖拽。有关极限晶粒尺寸与粒子体积分数的公式以及 Cahn 的相关内容在这都适合。
- b. 溶质的效果在高温下更小，因为它们更不容易偏聚在晶界。粒子将仍然有效，只要它们不会粗化或受到拖拽。难溶粒子是高温下所需要的。

##### 问题 B

- a. 利用以形核和长大速率表示再结晶时间和平均晶粒尺寸的公式。再结晶在大约 6 秒内完成，晶粒尺寸大约为 6 微米。
- b. 请采用形核速率的公式，激活能为  $80\text{kJ/mole}$ 。你能发现需要一个大约  $3500\text{K}$  的无物理意义的温度以使形核速率增加 1000 倍。我应该要求增加十倍。
- c. 这道题稍微有点技巧，指出形核和长大速率增加的相对速率。我接受任何答案。事实上是，形核速率增加很多，长大速率相当小。再结晶速率降低很多，晶粒尺寸也一样。

## 问 题

### 问题A

一位年轻的科学家接受了一项任务，限制铝板在高温加工中的晶粒尺寸。这位科学家过去学过  $3.40\text{J}/22.71\text{J}$ ，回想到细小的粒子能够限制晶粒长大，因此更细小的粒子是更有效的。这位科学家决定最细的粒子是单个原子，因此加入了  $0.1\text{ at.}\%$  的溶质，而不是  $0.1\text{ at.}\%$  的粒子

- 这种方法可能有效果吗？为什么？
- 比较溶质和粒子对高温下晶粒长大的影响。简化起见，借助于非规则的晶界来回答。应用少量的公式将有利于你的解释

### 问题 B

考虑经过面积减少到  $40\%$  的冷加工变形量的金属的再结晶，未转变区域中形核速率是常数，其表达为： $\dot{N} = 10^{12} \exp(-80\text{kJ}/RT)$  粒子数/ $\text{m}^3\text{s}$ ，各向同性的长大速率为： $\dot{G} = \exp(-120\text{kJ}/RT)$   $\text{m}/\text{s}$ 。

- 在  $1000\text{K}$ ，计算：  
再结晶约  $50\%$  的时间， $t_r$   
平均晶粒直径  
再结晶完成时每立方米中晶粒数， $N_v$  (晶粒近似为球状的)
- 在什么温度下，你得到的形核速率是 a) 中结果的  $1000$  倍
- 假如金属的冷加工量不是  $40\%$ ，而是  $80\%$ 。什么将影响形核速率、长大速率、再结晶  $50\%$  的时间、单位体积中晶粒数？不用计算这些数值，但需要阐述各个影响是增加还是减少，影响作用大还是影响适度，并检查你的答案

$$R=8.3\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$$