

# 武汉大学

## 二00九年招收硕士研究生入学考试试题参考答案

考试科目及代码： 金属学 809

适用专业： 材料加工工程

可使用的常用工具： 计算器、绘图工具

答题内容写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上一律无效考完后试题随答题纸交回。

考试时间 **3** 小时，总分值 150 分。

### 一、名词解释（任选 8 题，每题 3 分，共 24 分）

- 1、空间点阵：将晶体中的物质质点抽象为具有相同环境的等同点（阵点），由阵点在三维空间规则排列的阵列称为空间点阵。
- 2、柏氏矢量：描述位错特征的一个重要矢量，它集中反映了位错区域内畸变总量的大小和方向。
- 3、结构起伏：液态金属中近程有序原子集团此起彼伏、时聚时散的现象称为结构起伏。
- 4、过冷度：金属的理论结晶温度  $T_m$  与实际结晶温度  $T_n$  之差。
- 5、相：合金中结构相同、成分和性能均一并以界面相互分开的组成部分。
- 6、奥氏体：碳溶解于  $\gamma$  铁中形成的固溶体称为奥氏体。
- 7、交滑移：晶体在两个或多个不同滑移面上沿同一滑移方向进行的滑移。
- 8、形变织构：多晶体材料由塑性变形导致的各晶粒呈择优取向的组织。
- 9、再结晶：冷变形金属被加热到适当温度时，在变形组织内部新的无畸变的等轴晶粒逐渐取代变形晶粒，而使形变强化效应完全消除的过程。
- 10、非稳态扩散：在扩散过程中，各处的浓度随时间和距离发生变化。

### 二、填空题（1×16=16 分）

- 1、面心立方结构、4、密排六方结构、6
- 2、柏氏矢量、位错线、1、无限、滑移、攀移、交滑移
- 3、增加、强度、硬度、塑性、韧性

### 三、单选题（2×10=20 分）

- 1、A
- 2、C
- 3、B
- 4、C
- 5、D
- 6、D
- 7、A
- 8、B
- 9、B
- 10、D

姓名： \_\_\_\_\_ 报考学科、专业： \_\_\_\_\_ 准考证号码： \_\_\_\_\_

题  
写  
要  
不  
内  
线  
封  
密

四、简答题（共 70 分）

1、（15 分）

答：对于液态金属的结晶，非均匀形核比均匀形核容易主要是由于基底可以降低形核功，提高形核率。由非均匀形核的形核功表达式

$$\Delta G_{c\text{非}} = \Delta G_c \left( \frac{2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta}{4} \right)$$

可以看出，晶核与基底间的接触角  $\theta$  对形核功有较大影响。当  $\theta = \pi$  时， $\Delta G_{c\text{非}} = \Delta G_c$ 。晶核与基底间完全不润湿，基底对形核无促进作用，本质上仍属于均匀形核；一般情况下， $0 \leq \theta < \pi$ ，从而  $\Delta G_{c\text{非}} < \Delta G_c$ ，并且  $\theta$  越小，晶核与基底的润湿程度越好，形核功越小，临界过冷度越小，因此非均匀形核越容易。

晶核与基底间的界面能是影响接触角的重要因素，该界面能越小，接触角就越小。一般来说，界面能取决于晶核与基底的结构相似性，特别是界面结构相似性，二者结构越相似，界面能越低，接触角越小，这个关系通常称为点阵匹配原理。在实际结晶过程中，情况较为复杂，除考虑点阵匹配原理外，还要通过实验确定基底对晶核的润湿程度。

基于上述分析，液态金属结晶时细化晶粒的主要方法有：

(1) 增加过冷度 金属结晶时，通过加大冷却速度可以增大过冷度  $\Delta T$ ，虽然形核驱动力和长大驱动力都随过冷度增加，但当过冷度大于一定值后，形核率  $N$  的增加将大于长大速度  $G$  的增加，使比值  $N/G$  提高，结晶后得到细小晶粒组织。

(2) 孕育处理 浇注前，在金属熔体中加入细小的能促进形核的固态颗粒，称为形核剂，也称孕育剂或变质剂，发生不均匀形核，可以显著地提高形核率，这些形核剂颗粒又能阻碍晶粒长大，结果在凝固后晶粒组织非常细小，这是生产中经常采用的方法。

(3) 振动作用 在金属结晶过程中，对结晶系统进行振动，例如机械、电磁、超声振动等，也可以起到细化晶粒作用，这是由于振动能的输入，提高了形核；同时通过振动可以部分破碎较小的枝晶，在液体中形成大量籽晶，也提高了形核率。

2、（15 分）

答：影响置换固溶体溶解度的主要因素有：

(1) 原子尺寸因素 以 A—B 二元固溶体为例，若两组元原子半径的相对差  $\Delta r$  越大，溶质原子在溶剂晶格中产生的点阵畸变越大，由于固溶体能量升高，从而限制了溶质原子的进一步溶入，因此固溶体的溶解度降低。只有原子半径差别较小的组元才能形成溶解度较高的固溶体，甚至是无限固溶体。

(2) 电化学因素 也称电负性因素。两组元的电负性差别越大，原子间的亲和力越大，形成化合物的倾向越大。反之，若形成固溶体，则溶解度就越小。

(3) 电子浓度因素 也称原子价因素。实验结果表明，在原子尺寸有利的条件下，溶质原子的原子价越低，则形成的固溶体溶解度越高，这一规律可以根据合金电子浓度解释如下，其定义为

$$c = \frac{e}{a} = \frac{A(100-x) + Bx}{100}$$

式中 A、B 分别为两组元的原子价；x 为溶质原子的原子分数。对应于固溶体的极限溶解度，也存在极限电子浓度，该值取决于溶剂结构。根据上式，溶质原子价越低，而极限电子浓度

为定值，必然使固溶体的溶解度升高。

(4) 晶体结构因素 组成固溶体两组元的晶体结构越相近，形成固溶体时产生的点阵畸变就越小，其溶解度就越高。因此，晶体结构相同是形成无限固溶体的必要条件。

3、(20分)

答：有加工硬化（应变硬化）、固溶强化、弥散强化和细晶强化四种。

加工硬化是指金属晶体在塑性变形过程中，材料的强度随着塑性形变量的增加而增加。加工硬化产生的主要机制有位错塞积、林位错阻力和形成割阶时产生对位错运动的阻力及产生割阶消耗外力所做的功，宏观表现出金属强度提高。

固溶强化指金属中由于溶质原子的存在，使得其强度提高。固溶强化的根本原因在于溶质原子与位错的交互作用，这种交互作用又分为溶质沿位错聚集并钉扎位错的弹性交互作用和化学交互作用两类。

弥散强化依靠弥散分布于金属基体中的细小第二相强化金属。其强化的原因在于细小第二相与位错的交互作用，主要有位错绕过颗粒的 Orowan 机制以及位错切过颗粒机制。

细晶强化是指多晶体的屈服强度随晶粒尺寸的减小而增加。可以用 Hall-Petch 关系表

示： $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$ 。式中  $\sigma_0$  为常数，反映晶内变形阻力，相当于单晶体金属的屈服强度；K 为常数，表征晶界对强度的影响，与晶界结构有关；d 为多晶体中各晶粒的平均直径。细晶强化的原因是晶粒越细，晶界越多，位错运动的阻力越大。细晶强化有尺寸限制。

这些强化方式的共同点也就是金属强化的实质，在于增加了位错运动的阻力。

4、(8分)

答：冷拉钢丝绳是由大变形量的冷拔钢丝绞合而成。加工过程的冷加工硬化使钢丝的强度、硬度大大提高，从而能承载很大的工件。但是当将其加热至 860℃ 时，其温度已经远远超过钢丝绳的再结晶温度，以至产生回复再结晶现象，加工硬化效果消失，强度、硬度大大降低。再把它用来起重时，一旦负载超过其承载能力，必然导致钢丝绳断裂事故。

5、(12分)

答：(1) 相变阻力中多了应变能一项。

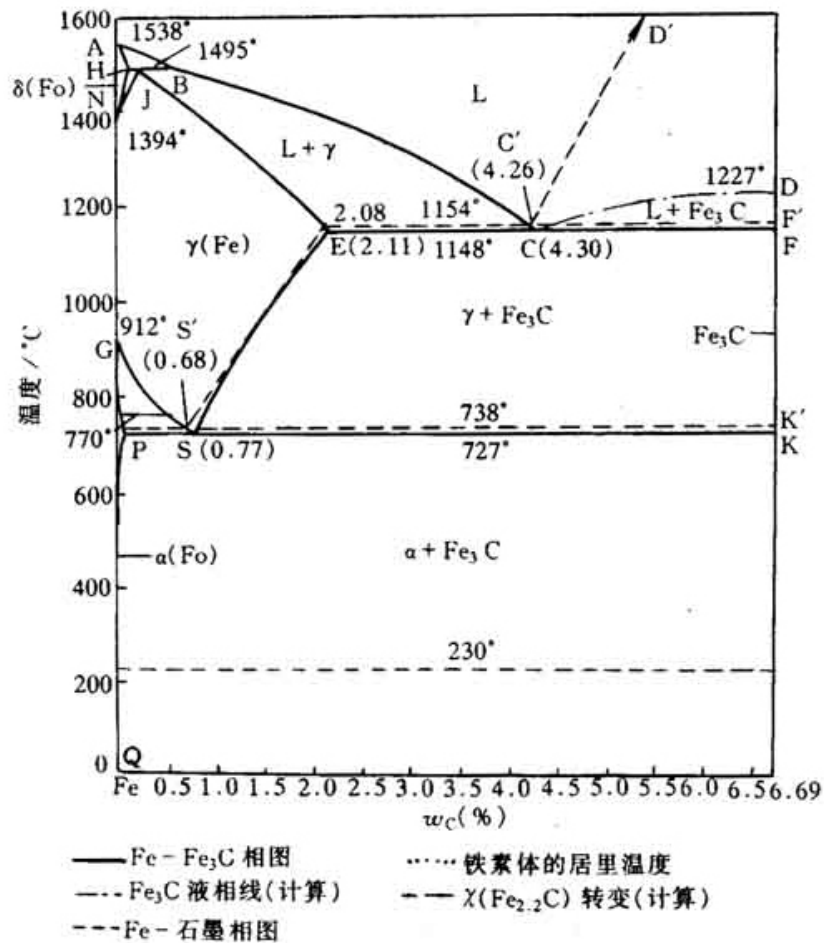
(2) 形核方面：非均匀形核为主；具有特定的取向关系；相界面常为共格或半共格界面。

(3) 生长方面：出现惯习现象，有特定的组织形态，如片状、针状。

(4) 有亚稳相出现以减少相变阻力。

五、(20分)

答：(1)



(2) 组织组成物含量

$$F\% = \frac{0.77 - 0.45}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = \frac{0.32}{0.7482} \times 100\% = 42.77\%$$

$$P\% = \frac{0.45 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = \frac{0.4282}{0.7482} \times 100\% = 57.23\%$$

相组成物含量

$$F\% = \frac{6.69 - 0.45}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = \frac{6.24}{6.6682} \times 100\% = 93.58\%$$

$$Fe_3C\% = \frac{0.45 - 0.0218}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = \frac{0.4282}{6.6682} \times 100\% = 6.42\%$$

室温下的显微组织示意图

