

姓名： 准考证号： 报考院校： 报考专业：

2012 年全国硕士研究生入学考试自主命题科目模拟试题

考试科目： **材料科学基础**

2012 年全国硕士研究生考试 **大连理工大学** 自主命题模拟试题

考场注意事项：

一、考生参加考试必须按时进入考场，按指定座位就坐。将有关身份证件（准考证、身份证）放在桌面左上角，以备核对。

二、闭卷考试，考生进入考场，不得携带任何书刊、笔记、报纸和通讯工具（如手机、寻呼机等），或有存储、编程、查询功能的电子用品（如已携带，必须存放在监考老师指定的地方）。考生只准带必需的文具，如钢笔、圆珠笔、铅笔、橡皮、绘图仪器或根据考试所需携带的用具。能否使用计算器，及开卷考试时允许携带的书籍及用具等由任课教师决定。

三、考生迟到 30 分钟不得入场，逾时以旷考论；因特殊原因不能参加考试者，必须事前请假，并经研究生部批准，否则作旷考论。考试开始 30 分钟后才准交卷出场。答卷时，不得中途离场后再行返回。如有特殊原因需离场者，必须经监考教师准许并陪同。答卷一经考生带出考场，即行作废。

四、考生拿到试卷后，应先用钢笔填写好试卷封面各项，特别是学号、姓名、学院名称、课程名称等，不到规定的开考时间，考生不得答题。

五、考试期间，考生应将写好的有答卷文字的一面朝下放置，考生必须按时交卷，交卷时应将试卷、答卷纸和草稿纸整理好，等候监考老师收取，未经许可，不得将试卷、答卷纸和草稿纸带出场外。

六、考生在考场内必须保持安静。提前交卷的考生，应立即离开考场，不得在考场附近逗留。

七、考生答题必须用钢笔或圆珠笔（蓝、黑色）书写，字迹要工整、清楚。答案书写在草稿纸上的一律无效。

八、考生对试题内容有疑问的，不得向监考老师询问。但在试题分发错误或试卷字迹模糊时，可举手询问。

大连理工大学

2012 年硕士研究生入学考试模拟试题（一）

科目名称： 材料科学基础

所有答案必须做在答案题纸上，做在试题纸上无效！

一、名词解释

- 1、晶胞
- 2、间隙固溶体
- 3、临界晶核
- 4、枝晶偏析
- 5、离异共晶
- 6、反应扩散
- 7、临界分切应力
- 8、回复
- 9、调幅分解
- 10、二次硬

二、简答题

- 1、说明柏氏矢量的确定方法，如何利用柏氏矢量和位错线来判断位错的类型？
- 2、简要说明成分过冷的形成及其对固溶体组织形态的影响。
- 3、为什么晶粒细化既能提高强度，也能改善塑性和韧性？
- 4、共析钢的奥氏体化有几个主要过程？合金元素对奥氏体化过程有什么影响？
- 5、提高钢材耐蚀性的主要方法有哪些？为什么说 Cr 是不锈钢中最重要的合金元素？

三、作图计算题

1. 已知碳在 $\gamma - \text{Fe}$ 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由 927°C 上升到 1027°C 时，扩散系数变化了多少倍？（ $R = 8.314 \text{ J/(mol.K)}$ ）

2. 已知某低碳钢 $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$ ， $K = 393.7$ ，若晶粒直径为 $50 \mu\text{m}$ ，该低碳钢的屈服强度是多少？

3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

4. $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上，因此理论上 $(111)[01\bar{1}]$ 和 $(111)[11\bar{2}]$ 的滑移均是可能的。

（1）画出 (111) 晶面及单位滑移矢量 $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 。

(2) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。

四、综合分析题

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。
2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

模拟试题（一）参考答案

一、名词解释

1. 晶胞：能完全反映晶格特征的最小几何单元。
2. 间隙固溶体：溶质原子占据溶剂晶格间隙形成的固溶体。
3. 临界晶核：半径为 r_k 的晶胚 ($r < r_k$, 晶胚会消失, $r > r_k$, 晶胚可长成晶核). 枝晶偏析：固溶体非平衡凝固时不同时刻结晶的固相成分不同导致树枝晶内成分不均匀的现象 (或树枝晶晶轴含高熔点组元较多, 晶枝间低熔点组元较多的现象). 离异共晶：两相分离的共晶组织。
6. 反应扩散：通过扩散使溶质组元超过固溶极限而不断生成新相的扩散过程称为反应扩散。
7. 临界分切应力：作用于滑移系上并使其沿滑移方面开始滑移的最小分切应力。
8. 回复：组织 (晶粒外形) 改变前在晶粒内发生的某些结构和性能的变化过程。
9. 调幅分解：通过扩散偏聚由一种固溶体分解成与母相结构相同而成分不同的两种固溶体。
10. 二次硬化：高温回火时回火硬度高于淬火硬度的现象。

一、简答题

1、说明柏氏矢量的确定方法，如何利用柏氏矢量和位错线来判断位错的类型？

答：首先在位错线周围作一逆时针回路，然后在无位错的晶格内作同样的回路，该回路必不闭合，连接终点与起点即为柏氏矢量。位错线与柏氏矢量垂直的是刃型位错，平行的是螺型位错。

2、简要说明成分过冷的形成及其对固溶体组织形态的影响。

答：固溶体凝固时，由于溶质原子在界面前沿液相中的分布发生变化而形成的过冷。

3、为什么晶粒细化既能提高强度，也能改善塑性和韧性？

答：晶粒细化减小晶粒尺寸，增加界面面积，而晶界阻碍位错运动，提高强度；晶粒数量增加，塑性变形分布更为均匀，塑性提高；晶界多阻碍裂纹扩展，改善韧性。

6、共析钢的奥氏体化有几个主要过程？合金元素对奥氏体化过程有什么影响？

答：共析钢奥氏体化有 4 个主要过程：奥氏体形成、渗碳体溶解、奥氏体均匀化、晶粒长大。合金元素的主要影响通过碳的扩散体现，碳化物形成元素阻碍碳的扩散，降低奥氏体形成、渗碳体溶解、奥氏体均匀化速度。

7、提高钢材耐蚀性的主要方法有哪些？为什么说 Cr 是不锈钢中最重要的合金元素？

答：提高钢材耐蚀性的主要方法有：在表面形成致密氧化膜、提高基体电极电位、形成单相组织。Cr 可形成表面致密氧化膜 Cr_2O_3 ，可提高电极电位，可形成单相铁素体。

三、作图计算题

1. 已知碳在 $\gamma - Fe$ 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} m^2/s$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 J/mol$ 。当温度由 $927^\circ C$ 上升到 $1027^\circ C$ 时，扩散系数变化了多少倍？（ $R = 8.314 J/(mol.K)$ ）

答：

$$D_{927^{\circ}\text{C}} = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right)$$

$$D_{1027^{\circ}\text{C}} = D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)}\right)$$

$$\frac{D_{1027^{\circ}\text{C}}}{D_{927^{\circ}\text{C}}} = \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)} - \frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right) = \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{10808.2} - \frac{-1.4 \times 10^5}{9976.8}\right)$$

$$= \exp(-12.953 + 14.033) = \exp(1.08) = 2.94$$

2. 已知某低碳钢 $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$, $K = 393.7$, 若晶粒直径为 $50 \mu\text{m}$, 该低碳钢的屈服强度是多少?

答: 由霍尔—配奇公式得:

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}} = 64 + 393.7 \times 50^{-\frac{1}{2}} = 64 + 55.68 = 119.7 \text{ KPa}$$

3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

答: BCC 密排面为 $\{110\}$ 面, 其面积为: $A = a \times \sqrt{2}a = \sqrt{2}a^2$

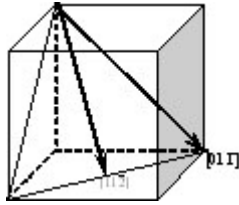
$\{110\}$ 面上被原子占据的面积为 (两个原子): $A' = 2 \times \pi R^2 = 2\pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a\right)^2 = \frac{3}{8}\pi a^2$

堆积密度: $d = \frac{A'}{A} = \frac{3}{16}\pi = 0.5888$

4. $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上, 因此理论上 $(111)[01\bar{1}]$ 和 $(111)[11\bar{2}]$ 的滑移均是可能的。

(1) 画出 (111) 晶面及单位滑移矢量 $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 。

(2) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。



答：(1)

(2) $b_{[01\bar{1}]} = \frac{a}{2}[01\bar{1}]$, $b_{[11\bar{2}]} = \frac{a}{2}[11\bar{2}]$

$$\frac{W_{01\bar{1}}}{W_{11\bar{2}}} = \frac{|b_{01\bar{1}}|^2}{|b_{11\bar{2}}|^2} = \left(\frac{1/\sqrt{2}}{\sqrt{6}/2}\right)^2 = \frac{1}{3}$$

两位错位于同一滑移面，因此 G 相同，故：

四、综合分析题

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。

答：晶界结构特征：原子排列比较混乱，含有大量缺陷。

晶界能量特征：原子的能量较晶粒内部高，活动能量强。

晶界特征：

晶界——畸变——晶界能——向低能量状态转化——晶粒长大、晶界变直——晶界面积减小

阻碍位错运动—— $\sigma b \uparrow$ ——细晶强化

位错、空位等缺陷多——晶界扩散速度高

晶界能量高、结构复杂——容易满足固态相变的条件——固态相变首先发生地

化学稳定性差——晶界容易受腐蚀

微量元素、杂质富集

2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

答：

组织结构：（ 1 ）形成纤维组织：晶粒沿变形方向被拉长；（ 2 ）形成位错胞；（ 3 ）晶粒转动形成变形织构。

力学性能：位错密度增大，位错相互缠绕，运动阻力增大，造成加工硬化。

物理化学性能：其变化复杂，主要对导电，导热，化学活性，化学电位等有影响。

体系能量：包括两部分：（ 1 ）因冷变形产生大量缺陷引起点阵畸变，使畸变能增大；（ 2 ）因晶粒间变形不均匀和工件各部分变形不均匀引起的微观内应力和宏观内应力。这两部分统称为存储能，其中前者为主要的。

冷变形后引起的组织性能变化为合金随后的回复、再结晶作了组织和能量上的准备。

大连理工大学

2012 年硕士研究生入学考试模拟试题（二）

科目名称： 材料科学基础

所有答案必须做在答案题纸上，做在试题纸上无效！

一、概念辨析题（说明下列各组概念的异同）

- 1 晶体结构与空间点阵
- 2 热加工与冷加工
- 3 上坡扩散与下坡扩散
- 4 间隙固溶体与间隙化合物
- 5 相与组织
- 6 交滑移与多滑移
- 7 金属键与共价键
- 8 全位错与不全位错
- 9 共晶转变与共析转变

二、简答题

1. 固态下，无相变的金属，如果不重熔，能否细化晶粒？如何实现？
2. 固体中有哪些常见的相结构？
3. 何谓平衡结晶？何谓非平衡结晶？
4. 扩散第一定律的应用条件是什么？对于浓度梯度随时间变化的情况，能否应用扩散第一定律？
5. 何为织构？包括哪几类？
6. 什么是成分过冷？如何影响固溶体生长形态？

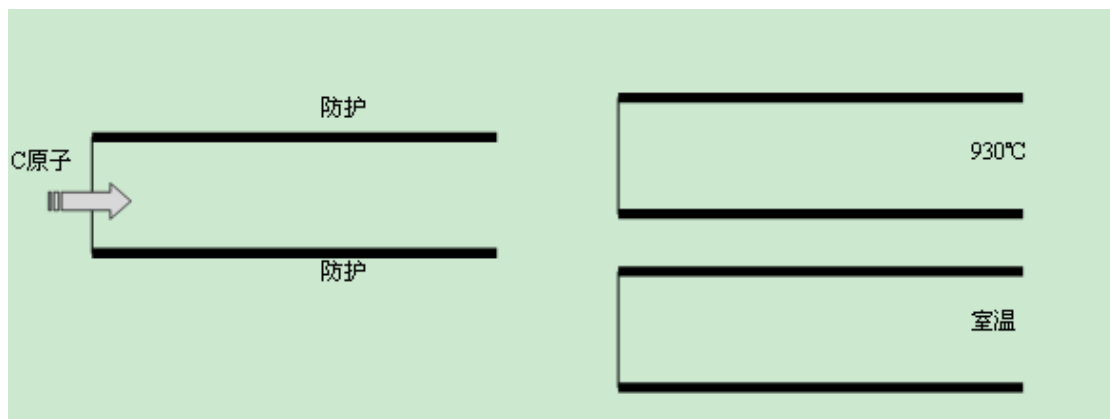
三、作图计算题

1. 请分别写出 FCC、BCC 和 HCP 晶体的密排面、密排方向，并计算密排面间距和密排方向上原子间距。
2. 请绘出面心立方点阵晶胞，并在晶胞中绘出 (110) 晶面；再以 (110) 晶面平行于纸面，绘出 (110) 晶面原子剖面图，并在其上标出 [001]， $[\bar{1}\bar{1}2]$ ， $[\bar{1}11]$ 晶向。
3. 已知 H70 黄铜在 400℃ 时完成再结晶需要 1 小时，而在 390℃ 下完成再结晶需 2 小时，请计算在 420℃ 下完成再结晶需要多长时间？
4. 一个 FCC 晶体在 $[\bar{1}23]$ 方向在 2MPa 正应力下屈服，已测得开动的滑移系是 (111) $[\bar{1}01]$ ，请确定使该滑移系开动的分切应力 τ 。

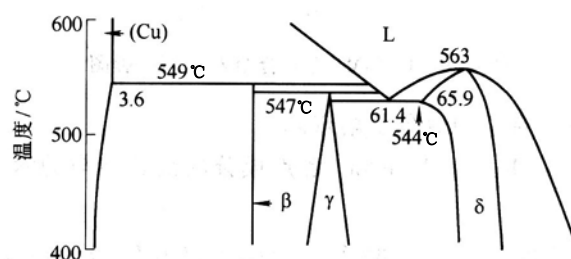
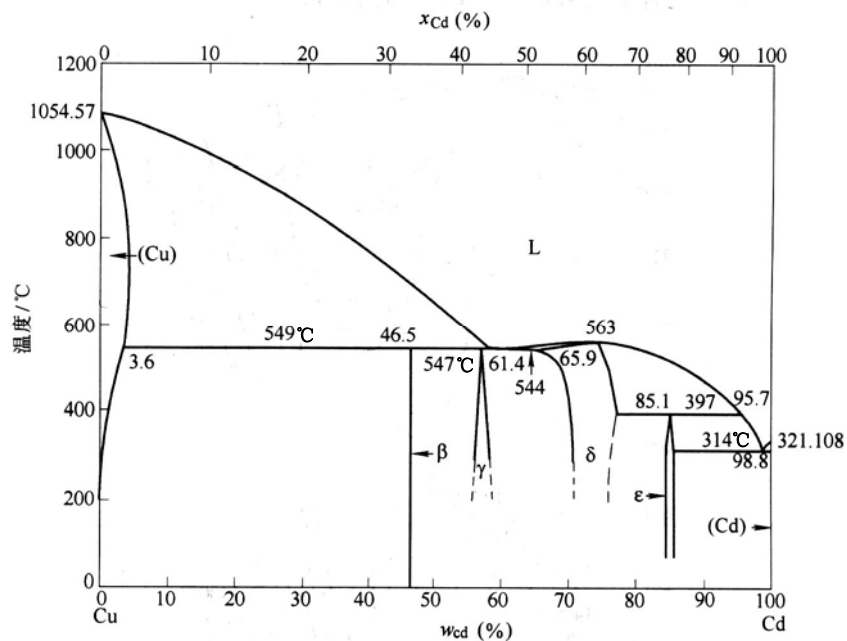
四、综合分析题

1. 请根据 Fe-Fe₃C 相图分析回答下列问题：

- 1) 请分析 2.0wt.%C 合金平衡状态下的结晶过程，并说明室温下的相组成和组织组成。
- 2) 请分析 2.0wt.%C 合金在较快冷却，即不平衡状态下，可能发生的结晶过程，并说明室温下组织会发生什么变化。
- 3) 假设将一无限长纯铁棒置于 930℃ 渗碳气氛下长期保温，碳原子仅由棒顶端渗入(如图所示)，试分析并标出 930℃ 和 缓冷至室温时的组织分布情况。(绘制在答题纸上)



2. 图示 Cu-Cd 二元相图全图及其 400℃~600℃ 范围的局部放大：



Cu-Cd 二元相图的局部放大

- 1) 请根据相图写出 549°C、547°C、544°C、397°C 和 314°C 五条水平线的三相平衡反应类型及其反应式；
- 2) 已知 β 相成分为 $w_{cd} = 46.5\%$ ，400°C 时 γ 相的成分为 $w_{cd} = 57\%$ ，请计算 400°C 时 $w_{Cd} = 50\%$ 合金的相组成。

模拟试题（二）参考答案

一、概念辨析题

1 晶体结构与空间点阵

异：点的属性、数目、有无缺陷；同：描述晶体中的规律性。

2 热加工与冷加工

异：热加工时发生回复、再结晶与加工硬化；冷加工只发生加工硬化；

同：发生塑性变形。

3 上坡扩散与下坡扩散

异：扩散方向；

同：驱动力—化学位梯度。

4 间隙固溶体与间隙化合物

异：结构与组成物的关系；

同：小原子位于间隙位置。

5 相与组织

异：组织具有特定的形态；

同：都是材料的组成部分。

6 交滑移与多滑移

异：多个滑移系的滑移；

同：交滑移中滑移系具有相同的滑移方向。

7 异：电子共用范围不同, 金属键中电子属所有原子共用, 共价键中属若干原子共用.

同：成键方式为电子共用.

8 异：柏氏矢量与点阵常数的关系不同.

同：都是线缺陷,即位错.

9 异：共晶转变为从液相转变,共析转变为从固相转变.

同：在恒温下转变产物为两个固相.

二、简答题

7. 固态下, 无相变的金属, 如果不重熔, 能否细化晶粒? 如何实现?

答：可以。通过进行适当冷变形, 而后在适当温度再结晶的方法获得细晶（应主意避开临界变形度和避免异常长大）。或进行热加工, 使之发生动态再结晶。

8. 固体中有哪些常见的相结构?

答：固体中常见的相结构有：固溶体（单质）、化合物、陶瓷晶体相、非晶相、分子相。

9. 何谓平衡结晶? 何谓非平衡结晶?

答：平衡结晶是指结晶速度非常缓慢, 液相和固相中扩散均很充分的情况下的结晶。非平衡结晶是指结晶速度比较快, 扩散不充分的情况下的结晶。

10. 扩散第一定律的应用条件是什么？对于浓度梯度随时间变化的情况，能否应用扩散第一定律？

答：扩散第一定律的应用条件是稳态扩散，即与时间无关的扩散。对于非稳态扩散的情况也可以应用扩散第一定律，但必须对其进行修正。

11. 何为织构？包括哪几类？

答：织构是晶体中晶面、晶向趋于一致现象。织构包括再结晶织构和变形织构。其中变形织构又包括丝织构和板织构。

12. 什么是成分过冷？如何影响固溶体生长形态？

答：凝固过程中，随液固界面的推进，液固界面附近液相一侧产生溶质原子富集，导致液相的熔点发生变化，由此产生的过冷现象称为成分过冷。无成分过冷时，固溶体以平面状生长，形成等轴晶；有较小过冷度时，形成胞状组织；有较大成分过冷时，形成树枝晶。

三、作图计算题

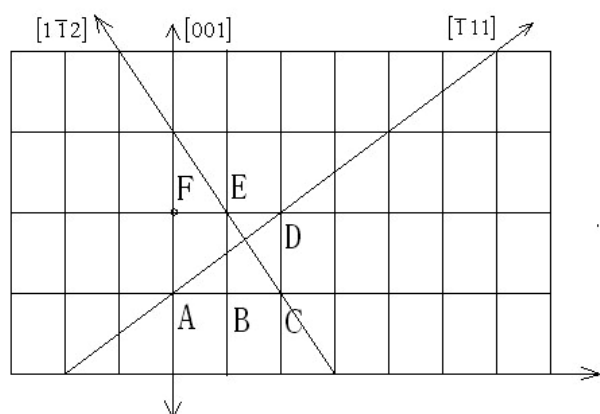
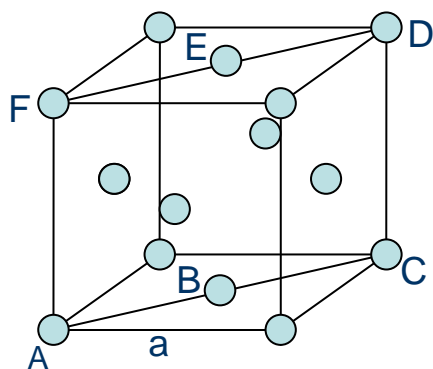
5. 请分别写出 FCC、BCC 和 HCP 晶体的密排面、密排方向，并计算密排面间距和密排方向上原子间距。

答：

晶体结构	密排面	密排方向	密排面间距	密排方向原子间距
FCC	{111}	$\langle 110 \rangle$	$\frac{\sqrt{3}}{3}a$	$\frac{\sqrt{2}}{2}a$
BCC	{110}	$\langle 111 \rangle$	$\frac{\sqrt{2}}{2}a$	$\frac{\sqrt{3}}{2}a$
HCP	{0001}	$\langle 11\bar{2}0 \rangle$	$\frac{1}{2}c$	a

6. 请绘出面心立方点阵晶胞，并在晶胞中绘出 (110) 晶面；再以 (110) 晶面平行于纸面，绘出 (110) 晶面原子剖面图，并在其上标出 [001]， $[\bar{1}\bar{1}2]$ ， $[\bar{1}11]$ 晶向。

答：



7. 已知 H70 黄铜在 400°C 时完成再结晶需要 1 小时，而在 390°C 下完成再结晶需 2 小时，请计算在 420°C 下完成再结晶需要多长时间？

答：在两个不同的恒定温度产生相同程度的再结晶时，

$$\frac{t_1}{t_2} = e^{-\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})} \quad \frac{t_1}{t_3} = e^{-\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1})}$$

两边取对数，并比之得

$$\frac{\ln \frac{t_1}{t_2}}{\ln \frac{t_1}{t_3}} = \frac{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}{\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1}} = \frac{\frac{1}{400} - \frac{1}{273}}{\frac{1}{400} - \frac{1}{273}} - \frac{\frac{1}{390} - \frac{1}{273}}{\frac{1}{400} - \frac{1}{273}}$$

$$t_3 = 0.26 \text{ h}$$

8. 一个 FCC 晶体在 $[\bar{1}23]$ 方向在 2MPa 正应力下屈服，已测得开动的滑移系是 $(111)[\bar{1}01]$ ，请确定使该滑移系开动的分切应力 τ 。

$$\text{答: } \cos \phi = \frac{[\bar{1}23] \cdot [111]}{|\bar{1}23| \cdot |111|} = \frac{-1+2+3}{\sqrt{14}\sqrt{3}} = 0.617$$

$$\cos \lambda = \frac{[\bar{1}23][\bar{1}01]}{[\bar{1}23][\bar{1}01]} = \frac{1+0+3}{\sqrt{14}\sqrt{2}} = 0.756$$

$$\tau = 2 \times 0.617 \times 0.756 = 0.933 \text{ MPa}$$

四、综合分析题

2. 请根据 Fe-Fe₃C 相图分析回答下列问题:

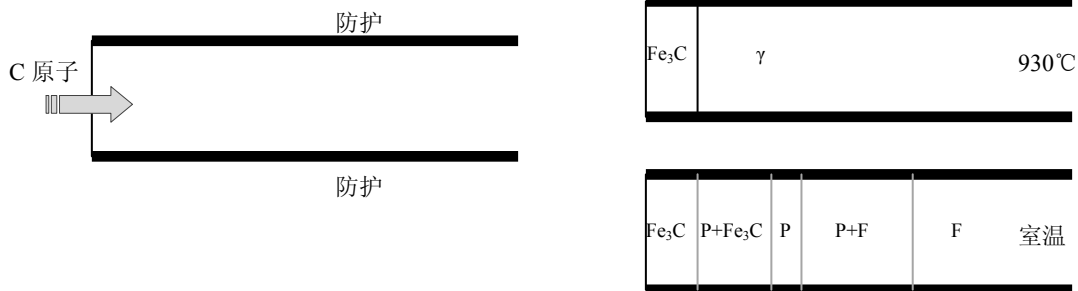
- 4) 请分析 2.0wt.%C 合金平衡状态下的结晶过程, 并说明室温下的相组成和组织组成。
- 5) 请分析 2.0wt.%C 合金在较快冷却, 即不平衡状态下可能发生的结晶过程, 并说明室温下组织会发生什么变化。
- 6) 假设将一无限长纯铁棒置于 930℃ 渗碳气氛下长期保温, 碳原子仅由棒顶端渗入(如图所示), 试分析并标出 930℃ 和 缓冷至室温时的组织分布情况。

答:

- 1) L —→ L → γ —→ γ —→ γ → Fe₃C_{II} —→ γ → α + Fe₃C —→ α → Fe₃C_{III}
相组成: α + Fe₃C 组织组成: P + Fe₃C_{II} (忽略 Fe₃C_{III})

- 2) 根据冷速不同, 可能出现共晶反应, 得到 Ld; 得到的 P 层片细小; Fe₃C_{II} 的析出将收到抑制, 甚至不析出。

- 3) 附图如下



3. 图示 Cu-Cd 二元相图全图及其 400℃~600℃ 范围的局部放大:

- 3) 请根据相图写出 549℃、547℃、544℃、397℃ 和 314℃ 五条水平线的三相平衡反应类型及其反应式;
- 4) 已知 β 相成分为 $w_{cd}=46.5\%$, 400℃ 时 γ 相的成分为 $w_{cd}=57\%$, 请计算 400℃ 时 $w_{cd}=50\%$ 合金的相组成。

答:

- 1) 549℃: 包晶反应, (Cu) + L → β
547℃: 包晶反应, β + L → γ

544°C: 共晶反应, $L \rightarrow \gamma + \delta$

397°C: 包晶反应, $\delta + L \rightarrow \varepsilon$

314°C: 共晶反应, $L \rightarrow \varepsilon + (\text{Cd})$

$$2) \quad \beta\% = \frac{57 - 50}{57 - 46.5} \times 100\% = 66.7\% \quad \text{或} \quad \gamma\% = \frac{50 - 46.5}{57 - 46.5} \times 100\% = 33.3\%$$

大连理工大学

2012 年硕士研究生入学考试模拟试题（三）

科目名称： 材料科学基础

所有答案必须做在答案题纸上，做在试题纸上无效！

一、判断正误

正确的在括号内画“√”，错误的画“×”

1. 金属中典型的点阵有体心立方、面心立方和密排六方三种 ()
2. 作用在位错线上的力 F 的方向永远垂直于位错线并指向滑移面的未滑移区。 () 上
3. 只有置换固溶体的两个组元之间才能无限互溶，间隙固溶体则不能。 ()
4. 金属结晶时，原子从液相无序排列到固相有序排列，使体系熵值减小，因此是一个自发过程。 ()
5. 固溶体凝固形核的必要条件同样是 $\Delta G_B < 0$ 、结构起伏和能量起伏。 ()
6. 三元相图垂直截面的两相区内不适用杠杆定律。 ()
7. 物质的扩散方向总是与浓度梯度的方向相反。 ()
8. 塑性变形时，滑移面总是晶体的密排面，滑移方向也总是密排方向。 ()
9. 和液固转变一样，固态相变也有驱动力并要克服阻力，因此两种转变的难易程度相似。 ()
10. 除 Co 以外，几乎所有溶入奥氏体中的合金元素都能使 C 曲线左移，从而增加钢的淬透性。 ()

二、简答题

1. 试从结合键的角度，分析工程材料的分类及其特点。
2. 位错密度有哪几种表征方式？
3. 陶瓷晶体相可分为哪两大类？有何共同特点？
4. 冷轧纯铜板，如果要求保持较高强度，应进行何种热处理？若需要继续冷轧变薄时，又应进行何种热处理？
5. 扩散激活能的物理意义为何？试比较置换扩散和间隙扩散的激活能的大小。

三、作图计算题

1. 已知碳在 $\gamma - \text{Fe}$ 中扩散时, $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由 927°C 上升到 1027°C 时, 扩散系数变化了多少倍?
(气体常数 $R=8.314 \text{ J/(mol.K)}$)

2. 已知某低碳钢 $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$, $K=393.7$, 若晶粒直径为 $50\mu\text{m}$, 该低碳钢的屈服强度是多少?

3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

4. $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上, 因此理论上 $(111)[01\bar{1}]$ 和 $(111)[11\bar{2}]$ 的滑移均是可能的。

(1) 画出 (111) 晶面及单位滑移矢量 $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 。

(2) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。

四、综合分析题

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。

2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

模拟试题（三）参考答案

一、判断正误

正确的在括号内画“√”，错误的画“×”

- 1 金属中典型的点阵有体心立方、面心立方和密排六方三种。(×)
2. 作用在位错线上的力 F 的方向永远垂直于位错线并指向滑移面未滑移区。(√) 上的
3. 只有置换固溶体的两个组元之间才能无限互溶，间隙固溶体则不能。(√)
4. 金属结晶时，原子从液相无序排列到固相有序排列，使体系熵值减小，因此是一个自发过程。(×)
5. 固溶体凝固形核的必要条件同样是 $\Delta G_B < 0$ 、结构起伏和能量起伏。(×)
6. 三元相图垂直截面的两相区内不适用杠杆定律。(√)
7. 物质的扩散方向总是与浓度梯度的方向相反。(×)
8. 塑性变形时，滑移面总是晶体的密排面，滑移方向也总是密排方向。(√)
9. 和液固转变一样，固态相变也有驱动力并要克服阻力，因此两种转变的难易程度相似。(×)
10. 除 Co 以外，几乎所有溶入奥氏体中的合金元素都能使 C 曲线左移，从而增加钢的淬透性。(×)

二、简答题

1. 试从结合键的角度，分析工程材料的分类及其特点。

答：金属材料：主要以金属键为主，大多数金属强度和硬度较高，塑性较好。

陶瓷材料：以共价键和离子键为主，硬、脆，不易变形，熔点高。

高分子材料：分子内部以共价键为主，分子间为分子键和氢键为主。

复合材料：是以上三中基本材料的人工复合物，结合键种类繁多。性能差异很大。

2. 位错密度有哪几种表征方式？

答：有两种方式：体密度，即单位体积内的位错线长度；面密度，即垂直穿过单位面积的位错线根数。

3. 陶瓷晶体相可分为哪两大类？有何共同特点？

答：氧化物陶瓷和硅酸盐陶瓷。特点： 1. 结合键主要是离子键，含有一定比例的共价键； 2. 有确定的成分，可以用准确的分子式表达； 3. 具有典型的非金属性质。

4. 冷轧纯铜板，如果要求保持较高强度，应进行何种热处理？若需要继续冷轧变薄时，又应进行何种热处理？

答：保持较高强度则应进行低温退火，使其只发生回复，去除残余应力；要继续冷变形则应进行高温退火，使其发生再结晶，以软化组织。

5. 扩散激活能的物理意义为何？试比较置换扩散和间隙扩散的激活能的大小。

答：扩散激活能的物理意义是原子跃迁过程中必须克服周围原子对其的阻碍，即必须克服势垒。相比而言，间隙扩散的激活能较小。

三、作图计算题

1. 已知碳在 $\gamma - \text{Fe}$ 中扩散时， $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Q = 1.4 \times 10^5 \text{ J/mol}$ 。当温度由 927°C 上升到 1027°C 时，扩散系数变化了多少倍？（ $R = 8.314 \text{ J/(mol.K)}$ ）

答：

$$\begin{aligned} D_{927^\circ\text{C}} &= D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right) \\ D_{1027^\circ\text{C}} &= D_0 \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) = 2.0 \times 10^{-5} \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)}\right) \\ \frac{D_{1027^\circ\text{C}}}{D_{927^\circ\text{C}}} &= \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (1027 + 273)} - \frac{-1.4 \times 10^5}{8.31 \times (927 + 273)}\right) = \exp\left(\frac{-1.4 \times 10^5}{10808.2} - \frac{-1.4 \times 10^5}{9976.8}\right) \\ &= \exp(-12.953 + 14.033) = \exp(1.08) = 2.94 \end{aligned}$$

2. 已知某低碳钢 $\sigma_0 = 64 \text{ KPa}$, $K = 393.7$, 若晶粒直径为 $50 \mu\text{m}$, 该低碳钢的屈服强度是多少?

答: 由霍尔-配奇公式得:

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}} = 64 + 393.7 \times 50^{-\frac{1}{2}} = 64 + 55.68 = 119.7 \text{ KPa}$$

3. 试计算 BCC 晶体最密排面的堆积密度。

答: BCC 密排面为 $\{110\}$ 面, 其面积为: $A = a \times \sqrt{2}a = \sqrt{2}a^2$

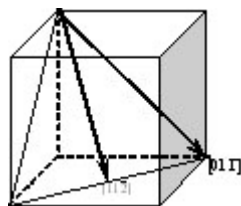
$\{110\}$ 面上被原子占据的面积为 (两个原子): $A' = 2 \times \pi R^2 = 2\pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a\right)^2 = \frac{3}{8}\pi a^2$

堆积密度: $d = \frac{A'}{A} = \frac{3}{16}\pi = 0.5888$

4. $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 均位于 Fcc 铝的 (111) 晶面上, 因此理论上 $(111)[01\bar{1}]$ 和 $(111)[11\bar{2}]$ 的滑移均是可能的。

(1) 画出 (111) 晶面及单位滑移矢量 $[01\bar{1}]$ 和 $[11\bar{2}]$ 。

(2) 比较具有此二滑移矢量的位错的能量。



答: (1)

$$(2) \quad b_{[01\bar{1}]} = \frac{a}{2}[01\bar{1}], \quad b_{[11\bar{2}]} = \frac{a}{2}[11\bar{2}]$$

两位错位于同一滑移面，因此 G 相同，故：

$$\frac{W_{01\bar{1}}}{W_{11\bar{2}}} = \frac{|b_{01\bar{1}}|^2}{|b_{11\bar{2}}|^2} = \left(\frac{1/\sqrt{2}}{\sqrt{6}/2} \right)^2 = \frac{1}{3}$$

四、综合分析题

1. 试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。

答：晶界结构特征：原子排列比较混乱，含有大量缺陷。

晶界能量特征：原子的能量较晶粒内部高，活动能量强。

晶界特征：

- 晶界——畸变——晶界能——向低能量状态转化——晶粒长大、晶界变直——晶界面积减小
- 阻碍位错运动—— $\sigma b \uparrow$ ——细晶强化
- 位错、空位等缺陷多——晶界扩散速度高
- 晶界能量高、结构复杂——容易满足固态相变的条件——固态相变首先发生地
- 化学稳定性差——晶界容易受腐蚀
- 微量元素、杂质富集

2. 试分析冷塑性变形对合金组织结构、力学性能、物理化学性能、体系能量的影响。

答：

- 组织结构：（1）形成纤维组织：晶粒沿变形方向被拉长；（2）形成位错胞；（3）晶粒转动形成变形织构。

- 力学性能：位错密度增大，位错相互缠绕，运动阻力增大，造成加工硬化。
- 物理化学性能：其变化复杂，主要对导电，导热，化学活性，化学电位等有影响。
- 体系能量：包括两部分：（ 1 ）因冷变形产生大量缺陷引起点阵畸变，使畸变能增大；（ 2 ）因晶粒间变形不均匀和工件各部分变形不均匀引起的微观内应力和宏观内应力。这两部分统称为存储能，其中前者为主要的。

冷变形后引起的组织性能变化为合金随后的回复、再结晶作了组织和能量上的准备。