

结构与缺陷

2002 年

- 一. 名词解释 (1) 点阵畸变 (2) 柏氏矢量 (5 分)
- 二. 画立方 (111) 面、(435) 面。写出立方晶系空间点阵特征。 (10 分)
- 四. 画图并简述形变过程中位错增殖的机制。 (10 分)
- 十二、简述金属晶体中缺陷的类型 (单考生做)。 (10 分)

2003 年

- 一、名词解释 (1) 刃型位错和螺形位错模型 (2) 晶界与界面能 (10 分)
- 三、点阵参数? 正方和立方的空间点阵特征是? 画出立方 (112-3) 面 (12 分)
- 十一、什么是固溶体? 影响固溶体的原因有哪些? 固溶体与其纯溶剂组元相比, 其结构、力学性能和物理性能发生了哪些变化? (12 分)
- 十五、根据缺陷相对于晶体尺寸和其影响范围的大小, 缺陷可以分为哪几类? 简述这几类缺陷的特征。 (12 分)

2004 年

- 一、简述 2 金属键 3 中间相 4 布喇菲点阵 7 位错 (12 分)
- 二、单相金属或合金各晶粒间的界面一般称之为晶界, 通常晶界又分为小角度晶界和大角度晶界两大类, 试问: 划分为两类晶界的依据是什么? 并讨论构成小角度晶界的结构模型。 (10 分)
- 三、分别画出立方的 (110)、(112) 晶面和 [110]、[111] 晶向。 (10 分)
- 四、讨论晶体结构和空间点阵之间的关系。 (10 分)
- 五、什么是固溶体? 讨论影响固溶体溶解度的主要因素。 (10 分)
- 十四、叙述常见的金属晶体中的内外界面。 (10 分)

2005 年

- 一、什么是晶面族? {111} 晶面族包含哪些晶面?
- 二、面心立方结构金属的 [110] 和 [111] 晶向间的夹角是多少? {100} 面间距是多少?
- 三、面心立方结构和密排六方结构金属中的原子堆垛方式和致密度是否有差异? 请加以说明。 (20 分)
- 四、解释间隙固溶体和间隙相的含义, 并加以比较。

五、为什么固溶体的强度比金属高？ (15 分)

六、晶体内若有较多的线缺陷（位错）或面缺陷（晶界、孪晶界等），其强度会明显升高，这些现象称为什么？强度提高的原因是什么？上述两类缺陷是怎样进入晶体的？举例说明如何提高这些缺陷的数目？ (15 分)

2006 年

一、（以面心立方晶胞为例）描述晶体结构（晶胞）特征的常用参数有哪些？

二、在体心立方晶胞中画出一个最密排方向并标明晶向指数；再画出过该方向的两个不同的低指数（简单）晶面，写出对应的晶面指数。这两个面和与其平行的密排方向构成什么关系？ (20 分)

三、（以纯金属为基的）固溶体与中间相的主要差异（如结构、键性、性能）是什么？纯金属溶入另一组元后（假设不会产生新相）会带来哪些微观结构上的变化？这些变化如何引起性能上的变化？ (20 分)

四、点缺陷（如间隙原子或代位原子）和线缺陷（如位错）为何发生交互作用？这种交互作用如何影响力学性能？

五、举例或画图说明什么是小角度晶界的位错模型？描述大角度晶界有何模型？具体含义是什么？ (20 分)

2007 年

一、简述题 3. 晶体缺陷 7. 布拉非 (Bravais) 点阵 8. A1 和 A3 晶体结构中原子的堆垛方式 9. 金属键 10. 固溶体 (25 分)

七、分别画出点阵常数为 a 具有 A1 晶体结构金属的八面体间隙，四面体间隙位置及 (110) 晶面原子的排列情况 (15 分)

九、分析金属铸锭的低倍组织，常见缺陷及形成原因。 (30 分)

2008 年

一、名词解释 2. 位错 4 晶体结构与空间点阵 8 堆垛层错 (18 分)

三、分别画出点阵常数为 a ，具有 A2 晶体结构纯金属的八面体间隙、四面体间隙位置及 (110) 晶面原子的排列情况 (20 分)

2009 年

一、AB 原子排列图。选出具有代表性的晶胞，写出计量成分式分子式 (20 分)

二、面心立方和密排六方晶体结构的金属其原子排列特点。异同点、结构相关性等。预测两金属因结构不同在机械性能上可能有哪些区别。 (20 分)

三、叙述常见晶体缺陷。 (10 分)

2010 年

二、在面心立方结构金属中 (111) 面上运动柏氏矢量 $b=a/2\{-110\}$ 的位错, 位错线方向 (-110) 。画出 (-110) 晶面 (-110) 晶向。说明位错类型。位错运动受阻能否转移到 (-111) $(1-11)$ $(11-1)$ 运动, 说明为什么。 (15 分)

四、讨论晶体结构和空间点阵的关系。 (15 分)

六、叙述离子晶体的结构规则。 (15 分)

2011 年

一、名词解释 1) 空间点阵 (5 分)

二、分别给出下列离子晶体的布拉菲点阵类型和下面晶胞中正、负离子的个数。
(下图中的点阵参数均为 $a=b=c$, $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$) (15 分)

NaCl、CsCl、ZnS、CaF₂、CaTiO₃

三、写出面心立方结构和体心立方结构金属的密排面(或相对密排面)的晶面指数、画出密排面(或相对密排面)上原子的具体排列情况, 并在晶胞中标出所有八面体间隙的位置。 (15 分)

2012 年

一、简答题 1. 写出七种晶系的名称及点阵参数之间的关系; (8 分)

二、纯 Cu 晶体在常温下的点阵常数为 $a=0.3615\text{nm}$:

1. 指出其晶体结构类型和配位数 (3 分);

2. 简略计算 Cu 原子半径、原子致密度和两类间隙半径 (6 分);

3. 画出 Cu 原子在 (111) 晶面的分布情况, 并计算其晶面间距和原子在晶面上的致密度 (6 分)。 (15 分)

三、分别画出下列离子晶体的布拉菲点阵 (下图中的点阵参数均为 $a=b=c$, $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$)。NaCl、CaF₂、CaTiO₃ (10 分)

扩散

2002 年

五. 菲一的表达式, 并说明其意义。简述影响扩散的因素。 (10 分)

2003 年

五、简述菲一和菲二的含义, 写出其表达式, 标明字母的物理含义 (12 分)

2004 年

八、分析和讨论影响金属或合金中原子扩散的主要因素。 (10 分)

2005 年

六、1. 菲克第二定律的解之一是误差函数, $C = A + B \operatorname{erf} \left(x / \sqrt{Dt} \right)$, 它可用于纯铁的渗碳过程。若温度固定, 不同时间碳的浓度分布则如图 2。已知渗碳 1 小时后达到某一特定浓度的渗碳层厚度是 0.5mm; 问再继续渗碳 8 小时后, 相同浓度的渗层厚度是多少?

2、图 3 为测出的钽在不同温度及以不同方式扩散时扩散系数与温度的关系, 从该试验数据得出哪些信息? (10 分)

2006 年

五、扩散的微观机制有哪些? 一般情况下, 哪些机制扩散快一些? 一个经凝固而有微观非平衡偏析的合金, 采取哪些措施可加速扩散使合金均匀化? 描述该过程应用哪些扩散第二定律? (10 分)

2007 年

一、简述题 影响扩散的主要因素 (5 分)

四 论述扩散第一定律及对上坡扩散现象的解释 (10 分)

2008 年

名词解释 扩散第一定律 (6 分)

2009 年

九、写出扩散第一定律的表达式, 并说明表达式中各符号的意义。解释 Fe-C 合金和 Fe-C-Si 合金构成的扩散偶中出现的碳上坡扩散现象。 (20 分)

2010 年

解释 上坡扩散 (5 分)

2011 年

一、名词解释 上坡扩散 (5 分)

2012 年

六、根据 Al-Zn 相图，将纯 Al 和 Zn 形成扩散偶，在 600K 长时间保温，示意画出扩散层中 $x(\text{Zn})$ 随扩散距离 d 的变化曲线及相应出现的物相。(10 分)

形变再结晶

2002 年

一、名词解释 (5) 形变织构 (6) 二次再结晶 (7) 滑移系 (8) 孪生 (10 分)

六、简述形变金属在退火过程中组织、存储能、力学性能和物理性质的变化。(10 分)

九、分析再结晶与凝固过程中的形核和长大有何不同点。(10 分)

2003 年

一、名词解释 (4) 形变织构 (5) 二次再结晶 (10 分)

六、简述晶界和晶粒大小对多晶体范性变形的作用与影响。(12 分)

2004 年

一、简述题 1 滑移临界分切应力 5 结晶温度 6 滑移系 8、二次再结晶 (16 分)

六、冷加工金属或合金塑性变形后回复再结晶组织和性能的变化特征 (10 分)

十二、分析固态相变和回复再结晶过程的驱动力。(10 分)

2005 年

一、常温下金属塑性变形有哪些主要机制？它们间的主要差异是什么？面心立方金属铜在三种不同条件下的真应力—应变曲线如图 4，说明它们可能是在怎

样的温度和应变速度下形成的？为何有这样的形状？什么是上、下屈服点效应（在纯铁或低碳钢中）？原因是什么？（20 分）

二、给出金属发生再结晶的基本条件（驱动力）。指出结晶、再结晶、固态相变之间的主要区别。图 5 示意画出一种常见的再结晶形核机制，请解释该地点优先形核的原因和形核过程。再结晶动力学公式为 $X = 1 - \exp(-kt^n)$ ，各参数的含义是什么？以 $X \sim t$ 的关系曲线作图，曲线的形状大致是怎样的？如何处理得到一条直线？处理称直线有何用途？（20 分）

三、简述单向压缩条件下，形变量、形变温度对金属组织及性能的影响（包括晶粒形状和位错亚结构的变化）？可用示意图表示。（15 分）

2006 年

一、写出面心立方金属的一个具体的滑移系；多晶体变形时，在一定的形变量下，为何有的晶粒是单系滑移？另一些晶粒内是多系滑移？为何有的晶粒内滑移量大而另一些晶粒内滑移量小？形变组织？有哪几类？如何表示？（20 分）

二、再结晶退火时材料组织和性能变化的规律；为何生产中常需要再结晶退火？再结晶形核地点有什么特点或特征？哪些地点可能是优先形核地点？（20 分）

三、再结晶完成后晶粒长大过程中，晶粒的平衡形貌（二维条件下）是正的六边形；多于六边的晶粒将吞并少于六边的晶粒而长大。解释原因。（10 分）

2007 年

一、简述题 2. 再结晶温度 5. 滑移系（10 分）

五 分析冷变形金属或合金的回复与再结晶过程及相关性能变化（15 分）

八、讨论具有 A1A2A3 结构金属单晶体典型的应力-应变曲线特点（15 分）

2008 年

一、名词解释 3 二次再结晶 6 孪生 10 临界分切应力（18 分）

五、黄铜合金经过压缩量为 60% 的冷变形后，在 750℃ 保温 30 分钟后形成的组织，分析形成原因及过程。（20 分）

六、讨论金属单晶体和多晶体的典型应力-应变曲线特点（20 分）

2009 年

六、解释低碳钢的典型应力应变曲线出现的屈服现象。探讨上下屈服点和材料的临界分切应力之间的关系。(20 分)

2010 年

一、解释 1、低碳钢应力应变曲线的屈服现象 2、二次再结晶 (10+5)

2011 年

一、名词解释 2) 临界分切应力 3) 滑移系 4) 堆垛层错 8) 再结晶温度 (20 分)

八、简述金属和合金回复与再结晶概念，并讨论在回复与再结晶过程中组织与性能的变化情况。(10 分)

九、讨论点缺陷与位错的交互作用及对位错运动的影响。这种交互作用在低碳钢应力-应变曲线和材料加工过程中会出现什么现象？有何防止方法？(10 分)

2012 年

一、简答题 2. 简述临界分切应力的概念；5. 给出再结晶温度的定义。(16 分)

七、一个多晶体试样经变形后，在再结晶温度以上退火，请画出位错密度、晶粒（不包括亚晶）平均尺寸、强度、塑性以及电阻率随退火时间变化的示意图（把各种变化分别画一个图，注意它们的对应关系），并对其作出简单说明。(10 分)

八、叙述金属或合金塑性变形的主要方式，并分别写出 Al 和 Mg 合金的滑移系，

同时说明每种合金经拉伸变形后的显微组织形貌特征及产生原因。(10 分)

相图

2002 年

一. 名词解释 相图 (2.5 分)

八. 画出铁碳相图, 标明相图中各特征点的温度与成分, 写出相图中包晶反应、共晶反应与共析反应的表达式。 (10 分)

2003 年

二、简述二元系中共晶反应、包晶反应和共析反应的特点; 并计算其各相平衡时的自由度。 (12 分)

八、画出 Fe-C 相图, 标明 Fe-C 相图中各点的温度和含碳量。 (12 分)

2004 年

七、画 Fe-Fe₃C 相图, 分析含碳量为 1.1wt% 的铁碳合金从液相平衡凝固到室温时的转变过程, 画出组织转变示意图, 计算室温时各组织的相对含量 (20 分)

十一、写出所附 Au-Hf 相图中的三相反映, 并划出虚线框内部分的相平衡关系局部扩大示意图。 (10 分)

2005 年

四、利用图 1 的自由能-成分曲线说明, 共切线将成分范围分成三个区域, 各区域内哪些相稳定? 为什么? (10 分)

十二、图 3a 为铁碳相图, 图 3b、c、d 分别为 3 个不同成分 (设为 0.45%C、3.4%C、4.7%C) 的铁碳合金缓冷凝固组织 (包括随后的固态相变、硝酸酒精浸蚀)。说明它们各是哪个成分的合金, 为什么?

分析图 3d 组织的凝固过程, 并计算该合金中白色长条状组织的重量相对量 (Fe₃C 含 6.69%C)。 (20 分)

2007 年

三、分别画出铁碳合金相图和 3.0wt%C 亚共晶白口铸铁从液相缓慢冷却到室温时组织转变示意图, 并计算在室温时各组织的相对量。 (20 分)

六 写出所附 Pd-Zr 相图中的不变反应. (图略) (10 分)

2008 年

二、叙述相平衡、相平衡条件和相率的基本概念 (20 分)

四、Pb-Sn 二元相图。B、C 为①38.1% Pb +61.9%Sn 的合金和②70% Pb +30%Sn 的合金。回答: 1、BC 分别是①还是②。2、BC 的组织形态特征和形成过程 3、BC 的室温组织相对量 (30 分)

2009 年

四、利用铁碳相图和扩散的基本知识给出低碳钢进行渗碳处理工艺的定制原则。如渗碳温度时间等确定依据。零件表面碳含量为 1.0% (15 分)

七、写出 Fe-Zr 相图中的三相反应。 (10 分)

2010 年

八、画出按组织分区的 Fe-Fe₃C 相图，写出三相反应，说明 1.0wt%和 3.0 wt%的铁碳合金经过缓慢冷却在相关三相反应完成后形成的各组织特点。 (20 分)

2011 年

四、组元 A 和组元 B 的熔点分别为 1000℃和 700℃，室温时 B 在 A 的固溶体 α 中的固溶度是 $x_B=0.05$ ，A 在 B 的固溶体 β 中的固溶度是 $x_A=0.10$ ；在 700℃时有一个三相平衡，在此温度 α 固溶体的成分是 $x_B=0.1$ ，一个成分为 $x_B=0.30$ 的合金在稍高于 700℃时存在 50% α 相和 50%液相，在稍低于 700℃时则存在液相和化合物 A₃B 两相；在 500℃时存在另一个三相平衡，液相 ($x_B=0.65$) 分解为化合物 A₃B 和 β 固溶体 ($x_B=0.85$) 两相。试构造一个合理的 A-B 二元相图。 (15 分)

五、根据下面的 Al-Cr-Si 体系的局部液相面投影图，写出该图中的四相不变反应式。 (15 分)

2012 年

四、示意画出下面的 Ti-Zr 体系中 bcc 和 hcp 相在 1155、1139、1000 和 878K 时的 Gibbs 自由焓-成分曲线。 (15 分)

五、根据下面的 Al-Zn 相图，

1. 写出其中的三相反应式 (4 分)；2. 画出 $x(\text{Zn})=0.80$ 合金的缓慢冷却曲线，并写出各阶段相对应的组织 (8 分)；3. 画出上述合金缓慢冷却到室温时的组织示意图，并计算各组织组成物的相对含量 (8 分)。 (共 20 分)

凝固相变固态转变

2002 年

一. 名词解释 (4) 过冷度 (2.5 分)

三. 铸锭的组织区域? 并简述影响铸锭结晶组织的因素。 (10 分)

七. 简述固态相变与液态相变的相同点与不同点。 (10 分)

十、分析含碳量 0.12% 的铁碳合金的结晶过程 (单考生做)。 (10 分)

十一、简述铸锭的宏观偏析 (单考生做)。 (10 分)

2003 年

一、名词解释 (3) 同分凝固与异分凝固 (6) 淬透性与淬硬性 (10 分)

四、凝固与再结晶形核和长大主要区别? 再结晶过程核心的产生方式 (12 分)

七、什么是一次带状组织和二次带状组织? 分析一次带状组织和二次带状组织形成的原因。 (12 分)

九、简述固态相变的一般特点。 (12 分)

十、简述凝固过程的宏观特征, 叙述凝固过程中晶体成长的机理。 (12 分)

十二、列举三种增加凝固中核心数的方法, 分析其增加核心数的原因 (12 分)

十三、简述含碳量为 0.25% 钢的结晶过程和固态相变组织转变过程。 (12 分)

十四、简述连续脱溶和不连续脱溶的含义。 (12 分)

2004 年

一、简述题。 9 偏析 10 马氏体相变 (8 分)

九、以 Al-4.5%Cu 合金为例, 分析过饱和固溶体的脱溶分解过程 (脱溶贯序), 并讨论脱溶温度对脱溶贯序的影响。 (10 分)

十、金属的固态相变与金属的结晶过程基本一样, 大多也包括形核和生长两个基本阶段, 但在固态相变过程中新、旧两相的比容不同, 使系统额外增加了应变能以及由相界面上的原子不匹配而引起的弹性应变能, 因此固态相变在许多方面与结晶过程有着显著的差别。试分析固态相变的一般特点。 (10 分)

十三、叙述钢锭中常见的宏观组织缺陷, 消除或改善方法。 (10 分)

2005 年

一、相同过冷度下比较均匀形核与非均匀形核的临界半径、临界形核功、临界形核体积, 哪个大?

二、合金凝固时的液/固界面前沿通常比纯金属液/固界面前沿更容易出现过冷？为什么？典型的金属（如铁）和典型的非金属（如硅、石墨）在液相中单独生长时的形貌差异是什么？（20 分）

三、图 6 为两组铝铜合金的时效强化曲线，讨论成分变化及时效温度对力学性能（这里是硬度值）的影响，分析可能的原因。（10 分）

1. 简述时效（强化）处理的工艺路线及原理。

2. 同素异晶转变、马氏体转变、脱溶转变有何主要区别？（15 分）

2006 年

一、图 1 为铁碳相图和一个含有 3.5% C 的铁碳合金缓冷凝固组织。说明或示意画出此合金由液相缓冷到共析温度以下的组织变化过程，并说明图（b）的最终组织。计算图（b）中箭头所指的树枝状组织的重量百分量；再分别计算共析转变后和合金中铁素体和全部的珠光体组织重量百分量（Fe-C 含 6.69% C）（20 分）

二、图 c 为一连铸坯低倍组织照片，说明各晶区的名称及成因，若想得到更多的等轴晶粒，可采用哪些方法或措施？（10 分）

三、什么是连续脱溶？若一个过饱和固溶体在不同时效条件下分别得到如图 4 所示的规则形状和不规则形状的析出物，该现象说明什么？形成两种组织的大致条件（或工艺）各是什么？（10 分）

四、参照图 1 提供的铁碳相图，说明并示意画出含碳 1.3% 的铁碳合金由液相缓冷到共析温度以下的组织变化过程；计算该合金二次渗碳体的最大重量百分量；再分别计算共析转变后合金中铁素体和珠光体组织重量百分量。（20 分）

2007 年

一、简述题 1. 调幅分解 4. 马氏体相变（10 分）

二、从热力学方面分析金属结晶均匀形核时临界晶核的形成过程（15 分）

2008 年

一、名词解释 5 二级相变 7 成分过冷 9 液固界面微观结构（18 分）

七、不同浇铸条件下纯铝的组织图，分析外界条件对铸锭组织的影响。（30 分）

2009 年

四、讨论纯金属或合金结晶时的生长形貌。从液固界面微观结构和界面前沿液相中的温度分布两方面考虑。（15 分）

八、分别指出凝固、脱溶、再结晶、二次再结晶的驱动力和阻碍力。（20 分）

2010 年

一、解释 金属及合金凝固时形成树枝状晶（10 分）

三、以含 Al-4wt%Cu 合金为例，给出其经过不同固溶时效工艺处理后的脱溶贯序，定性说明各阶段脱溶相的尺寸及分布特点、与母相的界面匹配关系及其强化效果等。（20 分）

五、与液态结晶过程相比，固态相变有什么特点？这些特点对固态相变后形成的组织有什么影响。（15 分）

七、分析形成下列不同铸态组织的可能原因，并说明要得到细小的等晶轴，可采取哪些办法。（20 分）

2011 年

一、名词解释 5) 调幅分解 6) 脱溶 （10 分）

六、按热力学参数变化特征，固态相变可以分为一级相变和二级相变两类。阐述发生一级相变和二级相变时热力学参数的变化特征及相关性质的变化特点。（10 分）

七、从热力学（能量）角度分析纯金属在凝固过程中均匀形核时的临界晶核形成过程。（10 分）

十、液体冷却时形成晶体或非晶玻璃体的内部原因和外部条件是什么？解释为什么金属材料凝固时大多形成晶体，而陶瓷易于形成非晶玻璃体？（10 分）

2012 年

一、简答题 3. 给出一级相变和二级相变的分类原则和相变特征；

4. 分析金属或合金的结晶形态；（16 分）

九、共析转变是典型的扩散型固态转变，指出其转变的驱动力和阻力，并讨论共析成分合金转变完成后可能出现的典型组织形态。（10 分）

十、结合下面给出的 Al-Cu 合金时效硬化曲线，讨论在不同成分和热处理条件下可能出现的脱溶贯序，各阶段脱溶相的大小、形状和分布特点、与母相的界面关系及强化效果。（10 分）