

厦门大学考研专业课辅导

考试点
kaoshidian.com



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

备考策略

主讲：小飞

考研专业课极其重要，所以我们应当制定一个全面系统、科学合理而又行之有效的备考策略，下面给大家明确一下专业课全年备考所需学习资料以及这些资料按时间分布的详细计划。专业课的复习与公共课的复习有很大差别。公共课有非常明确的学习目标，因为教育部颁布的考试大纲为大家精确界定了复习的范围。而专业课极少有明确的考试大纲，但专业课同样需要圈定复习范围，锁定考试内容，然后有的放矢的进行复习。

下面为大家提供五点复习策略：

一、依然注重基础

专业基础综合科目考试是大学本科阶段专业基础课的综合考试，考试内容为进入研究生学习阶段所必备的专业基础知识、基本理论以及相应能力，侧重考查考生的基本素质、一般能力和学科基本素养。这就消除了以往各招生单位自主命题的差别，更注重考查考生的基础知识、基本理论、基本技能。因此，从考生复习的角度看，冲刺阶段也要针对大纲列出的知识点，特别注重基础知识。

二、把讲义融会贯通

最好是目标院校开设的与招生专业目录里考核科目相同的本科基础课程的讲义、笔记。有些学校开设的研究生阶段的相关课程也很重要，有精力的同学可以参考学习。到了现如今的冲刺阶段大家要把这些讲义融会贯通，考研的考题一种是认知性质的考题，另一种是理解与应用型的。因此在复习时绝不能死记硬背条条框框，而应着重把基本概念、基本理论弄懂，再要把它们串起来，多角度、多层次地进行思维和理解。有效利用讲义资源。

三、研读并熟练真题

此时做真题不单纯是几道题目，关键是考生要通过真题，把握专业课考核的重点和难点。考生可以根据三到五年的历年真题，在所用的参考书目上把所有曾经考到的知识点全部标注一遍，勾勒出了一份属于考生自己的专业课考试大纲。目标是将重要的知识点加强理解、记忆、掌握和运用。虽然各招生单位不再自主命题了，但往年的专业课试题仍然是非常重要的复习参考资料，他们集中体现了该专业学科的专业基础知识、也体现了该专业导师群关注的研究方向。因此，真题一定还是要重视加以熟练化。

四、找盲点巩固记忆

文科中的事实和理论都需要记忆，理解时必须能从点到面，记重点，析难点，最重要的，理解要达到融会贯通的程度。考生也可以创造适合自己的学习和记忆方法。考研过程中接触的知识很多，很多东西印象非常浅，看完一遍之后在脑中几乎不留任何痕迹。开始复习的时候为了防止遗忘，大家会看完一节、一章、一部分之后，再回头扫视一遍，这样知识得到了系统和巩固，效果很好。到了如今的冲刺阶段，大家要不看课本也可以回想看过的内容，或看课本的大纲填充细节，并且找到记忆中的“盲点”。在回忆难以为继时，翻开课本，将这一段知识牢牢记住，争取做到不再忘记。

五、总结掌握答题方法

要学会自己总结、设计题目。有些名词解释、简答题、比较题，在书上找不到即成的答案，为了避免所答非所问，除了自己总结答案之外，还要查阅一下笔记或者辅导书上是否有答案，如果报考辅导班的同学可以直接去找命题、授课的老师进行咨询，这样得来的答案可信度也最高。在和老师咨询的过程中，除了能够获得试题的回答要点，更重要是能够从中掌握分析试题的方法，掌握如何运用已掌握的知识来正确的回答问题，这才是最为重要的。

专业课备考三大学习阶段

第一阶段：基础复习阶段。这个阶段，考生要做的任务是，首先，弄清楚目标专业目标院校的新一年的招生专业目录，新一年的研究生招生专业目录一般都会在每年的八月底，九月初出台。看看有没有更改，看看是否新增或删减了某些科目、参考书籍，在确定无误的情况下进行基础复习。

这个阶段要做的是，对学校制定参考书目进行“地毯式”学习一遍。这期间，考生要做到对每一个知识点都理解，重在理解，不需强制记忆。目标是对所考核科目建立一个宏观知识逻辑框架，对每一个知识点做到认识、理解即可。不要怕时间长，关键在于全面。

第二阶段：强化复习阶段。这个阶段，考生要做的任务是，首先，先勾勒出一份属于考生自己的专业课考试大纲。考生可以根据三到五年的历年真题，采用从题目推到知识点的倒推法，在考生所用的参考书目上把所有曾经靠到的知识点全部标注一遍。考生就不难发现，有一部份一次也没有被标注到，这就是非重点，可以在以后的复习中大大压缩花在它们上的时间，甚至不看；有的知识点被标注了很多遍，这就是重点，要强化记忆。这样一来，考生就缩小了复习范围，掌握了考核要点，就勾勒出了一份属于考生自己的专业课考试大纲。

在这个基础上，考生要结合该大纲进行长达三个月左右的强化复习。目标是将重要的知识点理解、记忆、掌握、应用。在这个阶段，考生还得密切联系自己目标院校、目标专业的老师，尽一切可能掌握各种考试相关信息，以利于全面复习。

第三阶段：冲刺阶段。这是在考前四十天到一个月左右的时间，考生应该在强化复习的基础上开始全面回顾了。这个时候，很重要的一点是培养考点意识，学会用标准的答题方法解答相关问题，多做模拟试卷，进一步归类整理总结。有时间的话，应当在保证重点的前提下，兼顾零散知识点。

专业课看书方法

(1) 走马观花法

较适合有指定参考书的第一轮阅读。刚开始看，很难把握重点，看的太细，会浪费时间。而且，第一遍看完之后，往往都是只有一个大概的轮廓，细节部分是很难记住的。目标：短时间内对专业课内容有一个全局的把握，以利于第二遍的深入阅读。——对于跨专业考研的人来说更为重要。

(2) 笔记法

看完一节或一章，对主要内容进行概括。尤其是把重要的知识点用简练的语言概括出来，列成条目——再复习时节约时间，记忆起来更为容易。更何况老人有言：手过一遍，赛过口过十遍。笔记法能加深我们对知识的理解和记忆。

(3) 提纲挈领法

除了熟练掌握各知识点外，还要注重各部分基本理论知识的内在联系，将基本理论知识有机地联系起来，而不是孤立地，零散地。点串成线，线连成面。各章节之间的融会贯通更为重要。因为专业课试题的最后一道大题往往涵盖的内容和跨度都很大，各章节中与这个问题有联系的内容基本上都要答到。

4) 抽取题目法

对各知识点进行总结，总结的多了，可以按照真题的出题模式给自己出一些有跨度的题，把平时看书和论文上的内容都可以融和进去。

(5) 回忆法

平常学习要注意知识得系统化，并重点突出地进行复习，不可以“捡了芝麻，丢了西瓜”。此刻利用专业课参考书目录来回忆复习内容，尽可能的把复习内容回忆出来；然后再对照书本，找出遗漏的部分重点记忆。把书本“由薄到厚”，再“由厚到薄”即整本书甚至每一门学科的知识在脑子里系统化、归整化。

专业课复习误区

(1) 两种极端

一种是拿到书就背，在理解方面浅尝辄止，另一种就是纠缠于每一个细节的理解，浪费时间，丧失重点。

(2) 盲目补充资料

参考书都没有搞懂，就补充太多的专著性的资料。

3) 把希望寄托在押题上

一定不要抱侥幸心理去猜老师出题的重点，因为在某些看上去阐述的文字并不是太多的地方，也可能出大题。

考试技巧：

有没有很高的答题技巧是考试能否正常发挥甚至超发挥的必要条件。

下面将介绍考试的答题技巧及注意问题。对你来讲，它们可能已不是新鲜面孔，然而，你必须再次接纳它们，将其转化成自己的技能。

（一）做好答卷的准备

一、进入考场，先使头脑立即沉静下来，回顾知识点和试卷题型。

二、按指定的位置，把卷头（班级、姓名、考号等）填好。注意监考老师的交代，如更正试题、答题要求等；数清试卷的题数、页数；认真检查试卷是否有缺损现象。

（二）认真审题

审题要“**稳、准、快**”，**对每个字、词、符号都要用脑过滤**。对题目所给的条件、要求需反复推敲。既能将题分开（能把每一道题分解成各个部分、各个因素、各种已知条件和未知条件，将题目化繁为简）；又能将题联系起来。这样，你能快速的找到准确的解题方法。

(三) 先易后难，巧攻难题

答题顺序如何安排，应该因人而异。一般原则是**从前往后，先易后难，循序渐进**。

一按顺序，会一道，做一道；会多少，做多少。做不出的跳过去，不过多浪费时间，直到将题目统做一遍。

二按“先易后难”的原则，先把简单的题目做完，最后再把没做或没做完的题目补做，补作前面的题目时，要再次审题，把握大的先做，把握小的后做。在按这两个原则做题时切忌不认真、不全面的审题、遇见障碍就跳题，跳来跳去，题题都犹豫不定。

(四) 做到“易题不丢分，难题少丢分”

容易做的题目很容易被大家忽视。有的题目，同学们往往不假思索，拿来就做，结果丢三落四，失分较多。因此要时刻提醒自己，对越容易的题目，越熟悉的题目，要越仔细、认真，从容易的题目中拿到满分。

（五）科学安排时间

科学使用时间，是临场发挥的一项重要策略。科学安排时间的原则是，保证在能得分的地方决不丢分，不易得分的地方力争得分。在自己心中时刻要意识到。在作答过程中学会随机应变。例如，一道题你计划用5分钟解决它，但5分钟过后一点眉目也没有，那么，你不妨暂时跳过去；若是已接近成功，则延长一点时间也是必要的。

总之，时间的分配只是大致的整体安排，没有必要精确到每一小题或每一秒钟。



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲（一）

主讲：小飞

➤ 第1、2章 知识点总结

1 原子结合键

(1) 离子键与离子晶体

原子结合：电子转移，结合力大，无方向性和饱和性；

离子晶体；硬度高，脆性大，熔点高、导电性差。如氧化物陶瓷。

(2) 共价键与原子晶体

原子结合：电子共用，结合力大，有方向性和饱和性；

原子晶体：强度高、硬度高（金刚石）、熔点高、脆性大、导电性差。

如高分子材料。

➤ 第1、2章 知识点总结

(3) 金属键与金属晶体

原子结合：电子逸出共有，结合力较大，无方向性和饱和性；

金属晶体：导电性、导热性、延展性好，熔点较高。如金属。

金属键：依靠正离子与构成电子气的自由电子之间的静电引力而使诸原子结合到一起的方式。

(4) 分子键与分子晶体

原子结合：电子云偏移，结合力很小，无方向性和饱和性。

分子晶体：熔点低，硬度低。如高分子材料。

氢键：(离子结合) $X-H \cdots Y$ (氢键结合)，有方向性，如 $O-H \cdots O$

➤ 第1、2章 知识点总结

2 结合键分类

一次键（化学键）：金属键、共价键、离子键。

二次键（物理键）：分子键和氢键。

3 原子的排列方式

(1) 晶体：原子在三维空间内的周期性规则排列。长程有序，各向异性。

(2) 非晶体：——————————不规则排列。长程无序，各向同性。

➤ 第1、2章 知识点总结

◆ 原子的规则排列

一、晶体学基础

1 空间点阵与晶体结构

空间点阵：由几何点做周期性的规则排列所形成的三维阵列。

特征：a 原子的理想排列；b 有14种。

其中：

空间点阵中的点 - 阵点。它是纯粹的几何点，各点周围环境相同。

描述晶体中原子排列规律的空间格架称之为晶格。

空间点阵中最小的几何单元称之为晶胞。

晶体结构：原子、离子或原子团按照空间点阵的实际排列。

特征：a 可能存在局部缺陷；b 可有无限多种。

➤ 第1、2章 知识点总结

2 晶胞

(1) 晶胞：构成空间点阵的最基本单元。

(2) 选取原则：

- a 能够充分反映空间点阵的对称性；
- b 相等的棱和角的数目最多；
- c 具有尽可能多的直角；
- d 体积最小。

形状和大小

有三个棱边的长度 a, b, c 及其夹角 α, β, γ 表示。

晶胞中点的位置表示（坐标法）。

3 布拉菲点阵

14种点阵分属7个晶系。

➤ 第1、2章 知识点总结

4 晶向指数与晶面指数

晶向：空间点阵中各阵点列的方向。

晶面：通过空间点阵中任意一组阵点的平面。

晶向指数的标定

a 建立坐标系。确定原点（阵点）、坐标轴和度量单位（棱边）。

b 求坐标。 u', v', w' 。

c 化整数。 u, v, w 。

d 加[]。 $[uvw]$ 。

➤ 第1、2章 知识点总结

说明：

a 指数意义：代表相互平行、方向一致的所有晶向。

b 负值：标于数字上方，表示同一晶向的相反方向。

c 晶向族：晶体中原子排列情况相同但空间位向不同的一组晶向。用 $\langle uvw \rangle$ 表示，数字相同，但排列顺序不同或正负号不同的晶向属于同一晶向族。

➤ 第1、2章 知识点总结

5 晶面指数的标定

a 建立坐标系：确定原点（非阵点）、坐标轴和度量单位。

b 量截距： x, y, z 。

c 取倒数： h', k', l' 。

d 化整数： h, k, l 。

e 加圆括号： (hkl) 。

➤ 第1、2章 知识点总结

说明：

a 指数意义：代表一组平行的晶面；

b 0的意义：面与对应的轴平行；

c 平行晶面：指数相同，或数字相同但正负号相反；

d 晶面族：晶体中具有相同条件（原子排列和晶面间距完全相同），空间位向不同的各组晶面。用 $\{hkl\}$ 表示。

e 若晶面与晶向同面，则 $hu+kv+lw=0$ ；

f 若晶面与晶向垂直，则 $u=h, k=v, w=l$ 。

➤ 第1、2章 知识点总结

6 六方系晶向指数和晶面指数

a 六方系指数标定的特殊性：四轴坐标系（等价晶面不具有等价指数）。

b 晶面指数的标定

标法与立方系相同(四个截距)；用四个数字(hkil)表示； $i=-(h+k)$ 。

c 晶向指数的标定

标法与立方系相同(四个坐标)；用四个数字(uvtw)表示； $t=-(u+w)$ 。

依次平移法：适合于已知指数画晶向（末点）。

坐标换算法： $[UVW] \sim [uvtw]$

$$u=(2U-V)/3, v=(2V-U)/3, t=-(U+V)/3, w=W。$$

➤ 第1、2章 知识点总结

7 晶带

a ——：平行于某一晶向直线所有晶面的组合。

b 性质：晶带用晶带轴的晶向指数表示；晶带面//晶带轴；

$$hu+kv+lw=0$$

c 晶带定律

凡满足上式的晶面都属于以 $[uvw]$ 为晶带轴的晶带。

➤ 第1、2章 知识点总结

二 典型晶体结构及其几何特征

三种常见晶体结构

	面心立方 (A1, FCC)	体心立方 (A1, BCC)	密排六方 (A3, HCP)
晶胞原子数	4	2	6
点阵常数	$a=2\sqrt{2}r$	$a=4\sqrt{3}/3r$	$a=2r$
配位数	12	8 (8 + 6)	12
致密度	0.74	0.68	0.74
堆垛方式	ABCABC..	ABABAB..	ABABAB..
结构间隙	正四面体 正八面体	四面体 扁八面体	四面体 正八面体
(个数)	8 4	12 6	12 6
(r_B/r_A)	0.225 0.414	0.29 0.15	0.225 0.414

➤ 第1、2章 知识点总结

配位数 (CN) : 晶体结构中任一原子周围最近且等距离的原子数。

致密度 (K) : 晶体结构中原子体积占总体积的百分数。 $K = nV/V$ 。

间隙半径 (r_B) : 间隙中所能容纳的最大圆球半径。

二 多晶型性

元素的晶体结构随外界条件的变化而发生转变的性质。

➤ 第1、2章 知识点总结

三 影响原子半径的因素

温度与应力

结合键的影响

配位数的影响（高配位结构向低配位结构转变时，体积膨胀，原子半径减小减缓体积变化。

核外电子分布的影响（一周期内，随核外电子数增加至填满，原子半径减小至一最小值。



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第3章 知识点总结

主讲：小飞

➤ 第3章 知识点总结

◆ 晶体缺陷

原子的不规则排列产生晶体缺陷。晶体缺陷在材料组织控制（如扩散、相变）和性能控制（如材料强化）中具有重要作用。

晶体缺陷：实际晶体中与理想点阵结构发生偏差的区域。

（晶体缺陷可分为以下三类。）

点缺陷：在三维空间各方向上尺寸都很小的缺陷。如空位、间隙原子、异类原子等。

线缺陷：在两个方向上尺寸很小，而另一个方向上尺寸较大的缺陷。主要是位错。

面缺陷：在一个方向上尺寸很小，在另外两个方向上尺寸较大的缺陷。如晶界、相界、表面等。

➤ 第3章 知识点总结

一点缺陷

1 点缺陷的类型

空位：

肖脱基空位 - 离位原子进入其它空位或迁移至晶界或表面。

弗兰克尔空位 - 离位原子进入晶体间隙。

间隙原子：位于晶体点阵间隙的原子。

置换原子：位于晶体点阵位置的异类原子。

➤ 第3章 知识点总结

2 点缺陷的平衡浓度

(1) 点缺陷是热力学平衡的缺陷 - 在一定温度下，晶体中总是存在着一定数量的点缺陷（空位），这时体系的能量最低 - 具有平衡点缺陷的晶体比理想晶体在热力学上更为稳定。（原因：晶体中形成点缺陷时，体系内能的增加将使自由能升高，但体系熵值也增加了，这一因素又使自由能降低。其结果是在G-n曲线上出现了最低值，对应的n值即为平衡空位数。）

(2) 点缺陷的平衡浓度

$$C = A \exp(-\Delta E_v / kT)$$

➤ 第3章 知识点总结

3 点缺陷的产生及其运动

点缺陷的产生

平衡点缺陷：热振动中的能力起伏。

过饱和点缺陷：外来作用，如高温淬火、辐照、冷加工等。

点缺陷的运动

(迁移、复合 - 浓度降低；聚集 - 浓度升高 - 塌陷)

➤ 第3章 知识点总结

4 点缺陷与材料行为

(1) 结构变化：晶格畸变（如空位引起晶格收缩，间隙原子引起晶格膨胀，置换原子可引起收缩或膨胀。）

(2) 性能变化：物理性能（如电阻率增大，密度减小。）

力学性能（屈服强度提高。）

➤ 第3章 知识点总结

二 线缺陷（位错）

位错：晶体中某处一列或若干列原子有规律的错排。

意义：（对材料的力学行为如塑性变形、强度、断裂等起着决定性的作用，对材料的扩散、相变过程有较大影响。）

1 位错的基本类型

刃型位错

模型：滑移面/半原子面/位错线（位错线 \perp 晶体滑移方向，位错线 \perp 位错运动方向，晶体滑移方向 \parallel 位错运动方向。）

分类：正刃型位错（ \perp ）；负刃型位错（ \top ）。

➤ 第3章 知识点总结

螺型位错

模型：滑移面/位错线。（位错线//晶体滑移方向，位错线⊥位错运动方向，晶体滑移方向⊥位错运动方向。）

分类：左螺型位错；右螺型位错。

混合位错

模型：滑移面/位错线。

2 位错的性质

形状：不一定是直线，位错及其畸变区是一条管道。

是已滑移区和未滑移区的边界。

不能中断于晶体内部。可在表面露头，或终止于晶界和相界，或与其它位错相交，或自行封闭成环。

➤ 第3章 知识点总结

3 柏氏矢量

确定方法 (避开严重畸变区)

- a 在位错周围沿着点阵结点形成封闭回路。
- b 在理想晶体中按同样顺序作同样大小的回路。
- c 在理想晶体中从终点到起点的矢量即为——。

柏氏矢量的物理意义

- a 代表位错，并表示其特征（强度、畸变量）。
- b 表示晶体滑移的方向和大小。
- c 柏氏矢量的守恒性（唯一性）：一条位错线具有唯一的柏氏矢量。
- d 判断位错的类型。

柏氏矢量的表示方法

- a 表示: $\mathbf{b} = a/n[\mathbf{uvw}]$ （可以用矢量加法进行运算）。
- b 求模： $|\mathbf{b}| = a/n[u^2+v^2+w^2]^{1/2}$ 。

➤ 第3章 知识点总结

4 位错的运动

位错的易动性。

位错运动的方式

a 滑移：位错沿着滑移面的移动。

刃型位错的滑移：具有唯一的滑移面

螺型位错的滑移：具有多个滑移面。

位错环的滑移：注重柏氏矢量的应用。

b 攀移：刃型位错在垂直于滑移面方向上的运动。

➤ 第3章 知识点总结

机制：原子面下端原子的扩散——位错随半原子面的上下移动而上下运动。

分类：正攀移（原子面上移、空位加入）/负攀移（原子面下移、原子加入）。

应力的作用：（半原子面侧）压应力有利于正攀移，拉应力有利于负攀移。

作用在位错上的力（单位距离上）。

➤ 第3章 知识点总结

5 位错的应变能与线张力

单位长度位错的应变能： $W=\alpha Gb^2$ 。

($\alpha = 0.5\sim 1.0$, 螺位错取下限, 刃位错取上限。)

位错是不平衡的缺陷。

(商增不能抵销应变能的增加。)

位错的线张力： $T=\alpha Gb^2$ 。

保持位错弯曲所需的切应力： $\tau = Gb/2r$

➤ 第3章 知识点总结

6 位错的应力场及其与其它缺陷的作用

应力场

螺位错： $\tau = Gb/2\pi r$ 。（只有切应力分量。）

刃位错：表达式（式1 - 9）

晶体中：滑移面以上受压应力，滑移面以下受拉应力。

滑移面：只有切应力。

位错与位错的交互作用

位错与溶质原子的相互作用

间隙原子聚集于位错中心，使体系处于低能态。

柯氏气团：溶质原子在位错线附近偏聚的现象。

位错与空位的交互作用

导致位错攀移。

➤ 第3章 知识点总结

7 位错的增殖、塞积与交割

位错的增殖：F-R源。位错的塞积分布：逐步分散。

位错受力：切应力作用在位错上的力、位错间的排斥力、障碍物的阻力。

位错的交割 位错交割后结果：按照对方位错柏氏矢量（变化方向和小）。

割阶：位错交割后的台阶不位于它原来的滑移面上。

扭折：———位于———。

对性能影响：增加位错长度，产生固定割阶。

➤ 第3章 知识点总结

8 位错反应

位错反应：位错的分解与合并。

反应条件

几何条件： $\sum b_{\text{前}} = \sum b_{\text{后}}$ ；反应前后位错的柏氏矢量之和相等。

能量条件： $\sum b_{\text{前}}^2 > \sum b_{\text{后}}^2$ ；反应后位错的总能量小于反应前位错的总能量。

➤ 第3章 知识点总结

9 实际晶体中的位错

(1) 全位错：通常把柏氏矢量等于点阵矢量的位错称为全位错或单位位错。

(2) 不全位错：柏氏矢量小于点阵矢量的位错。

肖克莱不全位错的形成：原子运动导致局部错排，错排区与完整晶格区的边界线即为肖克莱不全位错。

弗兰克不全位错的形成：在完整晶体中局部抽出或插入一层原子所形成。

(只能攀移，不能滑移。)

堆垛层错与扩展位错 堆垛层错：晶体中原子堆垛次序中出现的层状错排。

扩展位错：一对不全位错及中间夹的层错称之。

➤ 第3章 知识点总结

三面缺陷

面缺陷主要包括晶界、相界和表面，它们对材料的力学和物理化学性能具有重要影响。

1 晶界

晶界：两个空间位向不同的相邻晶粒之间的界面。

分类

大角度晶界：晶粒位向差大于 10° 的晶界。其结构为几个原子范围内的原子的混乱排列，可视为一个过渡区。

小角度晶界：晶粒位向差小于 10° 的晶界。其结构为位错列，又分为对称倾侧晶界和扭转晶界。

亚晶界：位向差小于 1° 的亚晶粒之间的边界。为位错结构。

孪晶界：两块相邻孪晶的共晶面。分为共格孪晶界和非共格孪晶界。

➤ 第3章 知识点总结

2 相界

相界：相邻两个相之间的界面。

分类：共格、半共格和非共格相界。

➤ 第3章 知识点总结

3 表面

表面吸附：外来原子或气体分子在表面上富集的现象。

分类

物理吸附：由分子键力引起，无选择性，吸附热小，结合力小。

化学吸附：由化学键力引起，有选择性，吸附热大，结合力大。

4 界面特性

界面能会引起界面吸附。

界面上原子扩散速度较快。

对位错运动有阻碍作用。

易被氧化和腐蚀。

原子的混乱排列利于固态相变的形核。



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲（三）

主讲：小飞

➤ 第4章 知识点总结

◆ 概述

1 扩散的现象与本质

扩散：热激活的原子通过自身的热振动克服束缚而迁移它处的过程。

现象：柯肯达尔效应。

本质：原子无序跃迁的统计结果。（不是原子的定向移动）。

2 扩散的分类

根据有无浓度变化

自扩散：原子经由自己元素的晶体点阵而迁移的扩散。（如纯金属或固溶体的晶粒长大。无浓度变化。）

互扩散：原子通过进入对方元素晶体点阵而导致的扩散。（有浓度变化）

➤ 第4章 知识点总结

根据扩散方向

下坡扩散：原子由高浓度处向低浓度处进行的扩散。

上坡扩散：原子由低浓度处向高浓度处进行的扩散。

根据是否出现新相

原子扩散：扩散过程中不出现新相。

反应扩散：由之导致形成一种新相的扩散。

➤ 第4章 知识点总结

3 固态扩散的条件

温度足够高；

时间足够长；

扩散原子能固溶；

具有驱动力：化学位梯度。

➤ 第4章 知识点总结

4 菲克第一定律

(1) 第一定律描述：单位时间内通过垂直于扩散方向的某一单位面积截面的扩散物质流量（扩散通量 J ）与浓度梯度成正比。

(2) 表达式： $J = -D(dc/dx)$ 。（ C - 溶质原子浓度； D -扩散系数。）

(3) 适用条件：稳态扩散， $dc/dt=0$ 。浓度及浓度梯度不随时间改变。

5 扩散第二定律的应用

误差函数解

适用条件：无限长棒和半无限长棒。

表达式： $C = C_1 - (C_1 - C_2)\text{erf}(x/2\sqrt{Dt})$ （半无限长棒）。

在渗碳条件下： C : x,t 处的浓度； C_1 :表面含碳量; C_2 :钢的原始含碳量。

➤ 第4章 知识点总结

◆ 扩散的微观机理与现象

1 扩散机制

间隙 - 间隙；

(1) 间隙机制 平衡位置 - 间隙 - 间隙：较困难；

间隙 - 篡位 - 结点位置。

(间隙固溶体中间隙原子的扩散机制。)

方式：原子跃迁到与之相邻的空位；

➤ 第4章 知识点总结

(2) 空位机制 条件：原子近旁存在空位。

(金属和置换固溶体中原子的扩散。)

直接换位

换位机制

环形换位

(所需能量较高。)

➤ 第4章 知识点总结

2 扩散程度的描述

原子跃迁的距离

扩散系数

扩散激活能

扩散激活能 Q ：原子跃迁时所需克服周围原子对其束缚的势垒。

间隙扩散扩散激活能与扩散系数的关系

$$D=D_0\exp(-Q/RT)$$

D_0 ：扩散常数。

空位扩散激活能与扩散系数的关系

$$D=D_0\exp(-\Delta E/kT)$$

$\Delta E=\Delta E_f(\text{空位形成功})+\Delta E_m(\text{空位迁移激活能})$ 。

➤ 第4章 知识点总结

3扩散的驱动力与上坡扩散

(1) 扩散的驱动力

对于多元体系，设 n 为组元 i 的原子数，则在等温等压条件下，组元 i 原子的自由能可用化学位表示：

$$\mu_i = \partial G / \partial n_i$$

扩散的驱动力为化学位梯度，即

$$F = -\partial \mu_i / \partial x$$

负号表示扩散驱动力指向化学位降低的方向。

➤ 第4章 知识点总结

(2) 扩散的热力学因子

组元*i*的扩散系数可表示为

$$D_i = KTB_i(1 + \partial \ln \gamma_i / \partial \ln x_i)$$

其中， $(1 + \partial \ln \gamma_i / \partial \ln x_i)$ 称为热力学因子。当 $(1 + \partial \ln \gamma_i / \partial \ln x_i) < 0$ 时， $D_i < 0$ ，发生上坡扩散。

➤ 第4章 知识点总结

(3) 上坡扩散

概念：原子由低浓度处向高浓度处迁移的扩散。

驱动力：化学位梯度。

其它引起上坡扩散的因素：

弹性应力的作用 - 大直径原子跑向点阵的受拉部分，小直径原子跑向点阵的受压部分。

晶界的内吸附：某些原子易富集在晶界上。

电场作用：大电场作用可使原子按一定方向扩散。

➤ 第4章 知识点总结

4 反应扩散

反应扩散：有新相生成的扩散过程。

相分布规律：二元扩散偶中不存在两相区，只能形成不同的单相区；
三元扩散偶中可以存在两相区，不能形成三相区。

➤ 第4章 知识点总结

◆ 影响扩散的主要因素

1 温度

$$D=D_0\exp(-Q/RT)$$

可以看出，温度越高，扩散系数越大。

2 原子键力和晶体结构

原子键力越强，扩散激活能越高；致密度低的结构中扩散系数大（举例：渗碳选择在奥氏体区进行）；在对称性低的结构中，可出现明显的扩散各向异性。

3 固溶体类型和组元浓度的影响

间隙扩散机制的扩散激活能低于置换型扩散；提高组元浓度可提高扩散系数。

➤ 第4章 知识点总结

3 固溶体类型和组元浓度的影响

间隙扩散机制的扩散激活能低于置换型扩散；提高组元浓度可提高扩散系数。

4 晶体缺陷的影响

(缺陷能量较高，扩散激活能小)

空位是空位扩散机制的必要条件；

位错是空隙管道，低温下对扩散起重要促进作用；

界面扩散 - (短路扩散)：原子界面处的快速扩散。

如对银： $Q_{\text{表面}} = Q_{\text{晶界}}/2 = Q_{\text{晶内}}/3$

➤ 第4章 知识点总结

5 第三组元的影响

如在钢中加入合金元素对碳在 γ 中扩散的影响。

强碳化物形成元素，如W, Mo, Cr,与碳亲和力大，能显著组织碳的扩散；

弱碳化物形成元素，如Mn，对碳的扩散影响不大；



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲（四）

主讲：小飞

➤ 第5章 知识点总结

◆ 单晶体的塑性变形

常温下塑性变形的主要方式：滑移和孪生。

一 滑移

1滑移：在切应力作用下，晶体的一部分相对于另一部分沿着一定的晶面（滑移面）和晶向（滑移方向）产生相对位移，且不破坏晶体内部原子排列规律性的塑变方式。

光镜下：滑移带（无重现性）。

➤ 第5章 知识点总结

2 滑移的表象学

电镜下：滑移线。

3 滑移的晶体学

滑移面（密排面）

（1）几何要素

滑移方向（密排方向）

➤ 第5章 知识点总结

(2) 滑移系

滑移系：一个滑移面和该面上一个滑移方向的组合。

滑移系的个数:(滑移面个数) × (每个面上所具有的滑移方向的个数)

典型滑移系

晶体结构	滑移面	滑移方向	滑移系数目	常见金属
面心立方	{111}×4	<110>×3	12	Cu,Al,Ni,Au
	{110}×6	×2	12	Fe,W,Mo
体心立方	{121}×12	<111>×1	12	Fe,W
	{123}×24	×1	24	Fe
密排六方	{0001}×1	×3	3	Mg,Zn,Ti
	{1010}	<1120>	3	Mg,Zr,Ti
	{1011}		6	Mg,Ti

➤ 第5章 知识点总结

一般滑移系越多，塑性越好；

滑移系数目与材料塑性的关系：与滑移面密排程度和滑移方向个数有关；
与同时开动滑移系数目有关（ τ_c ）。

（3）滑移的临界分切应力（ τ_c ）

τ_c ：在滑移面上沿滑移方向开始滑移的最小分切应力。

外力在滑移方向上的分解。

τ_c 取决于金属的本性，不受 φ ， λ 的影响；

φ 或 $\lambda = 90^\circ$ 时， $\sigma_s \rightarrow \infty$ ；

$\tau_c = \sigma_s \cos\varphi \cos\lambda$ σ_s 的取值 φ ， $\lambda = 45^\circ$ 时， σ_s 最小，晶体易滑移；

软取向：值大；

取向因子： $\cos\varphi \cos\lambda$ 硬取向：值小。

(4) 位错运动的阻力

派 - 纳力： $\tau_{P-N}=[2\pi G/(1-\nu)]\exp\{-2\pi a/[(1-\nu)b]\}$

主要取决于位错宽度、结合键本性和晶体结构。

4 滑移时晶体的转动

(1) 位向和晶面的变化 拉伸时,滑移面和滑移方向趋于平行于力轴方向
(力轴方向不变) 压缩时,晶面逐渐趋于垂直于压力轴线。

几何硬化： φ , λ 远离 45° , 滑移变得困难；

(2) 取向因子的变化

几何软化； φ , λ 接近 45° , 滑移变得容易。

5 多滑移

多滑移：在多个 (>2) 滑移系上同时或交替进行的滑移。

滑移的分类 双滑移：

单滑移：

等效滑移系：各滑移系的滑移面和滑移方向与力轴夹角分别相等的一组滑移系。

6 交滑移

(1) 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。

螺位错的交滑移：螺位错从一个滑移面转移到与之相交的另一滑移面的过程；

机制 螺位错的双交滑移：交滑移后的螺位错再转回到原滑移面的过程。

单滑移：单一方向的滑移带；

(3) 滑移的表面痕迹 多滑移：相互交叉的滑移带；

交滑移：波纹状的滑移带。

二 孪生

(1) 孪生：在切应力作用下，晶体的一部分相对于另一部分沿一定的晶面和晶向发生均匀切变并形成晶体取向的镜面对称关系。

孪生面 $A_1\{111\}, A_2\{112\}, A_3\{1012\}$

(2) 孪生的晶体学 孪生方向 $A_1\langle 112\rangle, A_2\langle 111\rangle, A_3\langle 1011\rangle$

孪晶区

➤ 第5章 知识点总结

(3) 孪生变形的特点

		滑移	孪生
相同点		1 均匀切变；2 沿一定的晶面、晶向进行；不改变结构。	
不同点	晶体位向	不改变（对抛光面观察无重现性）。	改变，形成镜面对称关系（对抛光面观察有重现性）
	位移量	滑移方向上原子间距的整数倍，较大。	小于孪生方向上的原子间距，较小。
	对塑变的贡献	很大，总变形量大。	有限，总变形量小。
	变形应力	有一定的临界分切压力	所需临界分切应力远高于滑移
	变形条件	一般先发生滑移	滑移困难时发生
	变形机制	全位错运动的结果	分位错运动的结果

◆ 晶界的特点

1 晶粒之间变形的传播

位错在晶界塞积 应力集中 相邻晶粒位错源开动 相邻晶粒变形 塑变

2 晶粒之间变形的协调性

原因：各晶粒之间变形具有非同时性。

要求：各晶粒之间变形相互协调。（独立变形会导致晶体分裂）

条件：独立滑移系 ≥ 5 个。（保证晶粒形状的自由变化）

3 晶界对变形的阻碍作用

晶界的特点：原子排列不规则；分布有大量缺陷。

晶界对变形的影响：滑移、孪生多终止于晶界，极少穿过。

4 晶粒大小与性能的关系

a 晶粒越细，强度越高(细晶强化：由下列霍尔 - 配奇公式可知)

$$\sigma_s = \sigma_0 + kd^{-1/2}$$

原因：晶粒越细，晶界越多，位错运动的阻力越大。（有尺寸限制）

晶粒越多，变形均匀性提高由应力集中导致的开裂机会减少，可承受更大的变形量，表现出高塑性。

b 晶粒越细，塑韧性提高

细晶粒材料中，应力集中小，裂纹不易萌生；晶界多，裂纹不易传播，在断裂过程中可吸收较多能量,表现出高韧性。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 合金的塑性变形

一、固溶体的塑性变形

1、固溶强化

(1) 固溶强化：固溶体材料随溶质含量提高其强度、硬度提高而塑性、韧性下降的现象。

晶格畸变，阻碍位错运动；

(2) 强化机制

柯氏气团强化。

(3) 屈服和应变时效

现象：上下屈服点、屈服延伸（吕德斯带扩展）。

预变形和时效的影响：去载后立即加载不出现屈服现象；去载后放置一段时间或 200°C 加热后再加载出现屈服。

原因：柯氏气团的存在、破坏和重新形成。

➤ 第5章 知识点总结

2 固溶强化的影响因素

溶质原子含量越多，强化效果越好；

溶剂与溶质原子半径差越大，强化效果越好；

.....价电子数差越大，强化效果越好；

间隙式溶质原子的强化效果高于置换式溶质原子。二 多相合金的塑性变形

1 结构：基体 + 第二相。

2 性能

两相性能接近：按强度分数相加计算。

软基体 + 硬第二相 第二相网状分布于晶界（二次渗碳体）；

➤ 第5章 知识点总结

a结构 两相呈层片状分布（珠光体）；

第二相呈颗粒状分布（三次渗碳体）。

弥散强化：位错绕过第二相粒子(粒子、位错环阻碍位错运动)

b强化

沉淀强化：位错切过第二相粒子（表面能、错排能、粒子阻碍位错运动）

➤ 第5章 知识点总结

◆ 塑性变形对材料组织和性能的影响

一、对组织结构的影响

1、形成纤维组织

杂质呈细带状或链状分布。

晶粒拉长。

2、形成形变织构

(1) 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。

丝织构：某一晶向趋于与拔丝方向平行。（拉拔时形成）

(2) 常见类型 板织构：某晶面趋于平行于轧制面，某晶向趋于平行于主变形方向。（轧制时形成）

力学性能：利：深冲板材变形控制；弊：制耳。

(3) 对性能的影响：各向异性

物理性能：硅钢片 $\langle 100 \rangle$ 织构可减少铁损

3 形成位错胞

变形量 位错缠结 位错胞（大量位错缠结在胞壁，胞内位错密度低）

二 对性能的影响

1对力学性能的影响（加工硬化）

（1）加工硬化（形变强化、冷作强化）：随变形量的增加，材料的强度、硬度升高而塑韧性下降的现象。

强化金属的重要途径；

利 提高材料使用安全性；

（2）利弊 材料加工成型的保证。

弊 变形阻力提高，动力消耗增大；

脆断危险性提高。

➤ 第5章 知识点总结

2 对物理、化学性能的影响

导电率、导磁率下降，比重、热导率下降；

结构缺陷增多，扩散加快；

化学活性提高，腐蚀加快。

➤ 第5章 知识点总结

三、残余应力（约占变形功的10%）

第一类残余应力（ σ_I ）：宏观内应力，由整个物体变形不均匀引起。

1、分类 第二类残余应力（ σ_{II} ）：微观内应力，由晶粒变形不均匀引起。

第三类残余应力（ σ_{III} ）：点阵畸变，由位错、空位等引起。80-90%。

利：预应力处理，如汽车板簧的生产。

2、利弊

弊：引起变形、开裂，如黄铜弹壳的腐蚀开裂。

3、消除：去应力退火。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 冷变形金属在加热时的组织与性能变化

一 回复与再结晶

回复：冷变形金属在低温加热时，其显微组织无可见变化，但其物理、力学性能却部分恢复到冷变形以前的过程。

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。

二 显微组织变化

回复阶段：显微组织仍为纤维状，无可见变化；

再结晶阶段：变形晶粒通过形核长大，逐渐转变为新的无畸变的等轴晶粒。

晶粒长大阶段：晶界移动、晶粒粗化，达到相对稳定的形状和尺寸。

三、性能变化

1、力学性能 (示意图)

回复阶段：强度、硬度略有下降，塑性略有提高。

再结晶阶段：强度、硬度明显下降，塑性明显提高。

晶粒长大阶段：强度、硬度继续下降，塑性继续提高，粗化严重时下降。

2、物理性能

密度：在回复阶段变化不大，在再结晶阶段急剧升高；

电阻：电阻在回复阶段可明显下降。

四、储存能变化

- 1、储存能：存在于冷变形金属内部的一小部分（ $\sim 10\%$ ）变形功。
- 2、存在形式 位错（ $80\sim 90\%$ ） 是回复与再结晶的驱动力 点缺陷
- 3、储存能的释放：原子活动能力提高，迁移至平衡位置，储存能得以释放。

五、内应力变化

回复阶段：大部分或全部消除第一类内应力，部分消除第二、三类内应力；

再结晶阶段：内应力可完全消除。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 回复

一、回复动力学

1 动力学曲线特点

- (1) 没有孕育期
- (2) 开始变化快，随后变慢；
- (3) 长时间处理后，性能趋于一平衡值。

二、回复机理

移至晶界、位错处

- 1 低温回复：点缺陷运动 空位 + 间隙原子 消失 缺陷密度降低
($0.1\sim 0.2T_m$)
- 2 中温回复：位错滑移 位错缠结重新排列 位错密度降低
($0.2\sim 0.3T_m$) 亚晶粒长大
- 3 高温回复：位错攀移 (+ 滑移) 位错垂直排列 (亚晶界) 多边化 (亚晶粒) 弹性畸变能降低。

三 回复退火的应用

去应力退火：降低应力 (保持加工硬化效果) ，防止工件变形、开裂，提高耐蚀性。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 再结晶

亚晶合并形核

亚晶长大形核机制 亚晶界移动形核（吞并其它亚晶或变形部分）

1 形核 （变形量较大时）

晶界凸出形核（晶界弓出形核，凸向亚晶粒小的方向）

（变形量较小时）

驱动力：畸变能差

2 长大

方式：晶核向畸变晶粒扩展，直至新晶粒相互接触。

注：再结晶不是相变过程。

二 再结晶温度

1 再结晶温度：经严重冷变形（变形量 $>70\%$ ）的金属或合金，在1h内能够完成再结晶的（再结晶体积分数 $>95\%$ ）最低温度。

高纯金属： $T_{\text{再}} = (0.25\sim 0.35)T_m$ 。

2 经验公式 工业纯金属： $T_{\text{再}} = (0.35\sim 0.45)T_m$ 。

合金： $T_{\text{再}} = (0.4\sim 0.9)T_m$ 。

注：再结晶退火温度一般比上述温度高 $100\sim 200^\circ\text{C}$ 。

变形量越大，驱动力越大，再结晶温度越低；

3 影响因素 纯度越高，再结晶温度越低；

加热速度太低或太高，再结晶温度提高。

三 影响再结晶的因素

1 退火温度。温度越高，再结晶速度越大。

2 变形量。变形量越大，再结晶温度越低；随变形量增大，再结晶温度趋于稳定；变形量低于一定值，再结晶不能进行。

3 原始晶粒尺寸。晶粒越小，驱动力越大；晶界越多，有利于形核。

4 微量溶质元素。阻碍位错和晶界的运动，不利于再结晶。

5 第二分散相。间距和直径都较大时，提高畸变能，并可作为形核核心，促进再结晶；直径和间距很小时，提高畸变能，但阻碍晶界迁移，阻碍再结晶。

➤ 第5章 知识点总结

四 再结晶晶粒大小的控制

1 变形量。存在临界变形量，生产中应避免临界变形量。

2 原始晶粒尺寸。晶粒越小，驱动力越大，形核位置越多，使晶粒细化。

3 合金元素和杂质。增加储存能，阻碍晶界移动，有利于晶粒细化。

4 温度。变形温度越高，回复程度越大，储存能减小，晶粒粗化；退火温度越高，临界变形度越小，晶粒粗大。

➤ 第5章 知识点总结

五 再结晶的应用

恢复变形能力

改善显微组织

再结晶退火 消除各向异性

提高组织稳定性

再结晶温度： $T_{\text{再}} + 100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 晶粒长大

驱动力：界面能差；

长大方式：正常长大；异常长大（二次再结晶）

一 晶粒的正常长大

1 正常长大：再结晶后的晶粒均匀连续的长大。

2 驱动力：界面能差。界面能越大，曲率半径越小，驱动力越大 晶界趋于平直

3 晶粒的稳定形状 晶界夹角趋于 120° 二维坐标中晶粒边数趋于6

➤ 第5章 知识点总结

4 影响晶粒长大的因素

温度。温度越高，晶界易迁移，晶粒易粗化。

分散相粒子。阻碍晶界迁移，降低晶粒长大速率。一般有晶粒稳定尺寸 d 和第二相质点半径 r 、体积分数 φ 的关系：

$$d=4r/3\varphi$$

杂质与合金元素。降低界面能，不利于晶界移动。

晶粒位向差。小角度晶界的界面能小于大角度晶界，因而前者的移动速率低于后者。

➤ 第5章 知识点总结

二、晶粒的异常长大

1 异常长大：少数再结晶晶粒的急剧长大现象。

钉扎晶界的第二相溶于基体

➤ 第5章 知识点总结

2 机制 再结晶组织中位向一致晶粒的合并

大晶粒吞并小晶粒

各向异性

织构明显 优化磁导率

3 对组织和性能的影响

晶粒大小不均 性能不均

降低强度和塑韧性

晶粒粗大 提高表面粗糙度

三 再结晶退火的组织

1 再结晶图。退火温度、变形量与晶粒大小的关系图。（图）

2 再结晶组织。再结晶退火后形成的组织。退火可将形变组织消除，也可形成新组织。

3 退火孪晶。再结晶退火后出现的孪晶。是由于再结晶过程中因晶界迁移出现层错形成的。

➤ 第5章 知识点总结

◆ 金属的热变形

一、动态回复与动态再结晶

1 动态回复：在塑变过程中发生的回复。

2 动态再结晶：在塑变过程中发生的再结晶。

包含亚晶粒，位错密度较高

特点 反复形核，有限长大，晶粒较细

应用：采用低的变形终止温度、大的最终变形量、快的冷却速度可获得细小晶粒。

➤ 第5章 知识点总结

二 金属的热加工

冷加工：在再结晶温度以下的加工过程。发生加工硬化。

1、加工的分类 热加工：在再结晶温度以上的加工过程。硬化、回复、再结晶。

2、热加工温度： $T_{再} < T_{热加工} < T_{固} - 100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

3、热加工后的组织与性能

改善铸锭组织。气泡焊合、破碎碳化物、细化晶粒、降低偏析。提高强度、塑性、韧性。

形成纤维组织（流线）。

组织：枝晶、偏析、夹杂物沿变形方向呈纤维状分布。

性能：各向异性。沿流线方向塑性和韧性提高明显。

形成带状组织

形成：两相合金变形或带状偏析被拉长。

影响：各向异性。

消除：避免在两相区变形、减少夹杂元素含量、采用高温扩散退火或正火。

➤ 第5章 知识点总结

4、热加工的优点

可持续大变形量加工。

动力消耗小。

提高材料质量和性能

三 超塑性

1 超塑性：某些材料在特定变形条件下呈现的特别大的延伸率。

2 条件：晶粒细小、温度范围（ $0.5\sim 0.65T_m$ ）、应变速率小（ $1\sim 0.01\%/s$ ）。

3 本质：多数观点认为是由晶界的滑动和晶粒的转动所致。
的扩散系数；Si降低碳的扩散系数。



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲（五）

主讲：小飞

➤ 第6章 知识点总结

◆ 材料结晶的基本规律

1 液态材料的结构

结构：长程有序而短程有序。

特点（与固态相比）：原子间距较大、原子配位数较小、原子排列较混乱。

2 过冷现象

过冷：液态材料在理论结晶温度以下仍保持液态的现象。（见热分析实验图）

过冷度：液体材料的理论结晶温度(T_m) 与其实际温度之差。

$$\Delta T = T_m - T \quad (\text{见冷却曲线})$$

注：过冷是凝固的必要条件（凝固过程总是在一定的过冷度下进行）。

➤ 第6章 知识点总结

3 结晶过程

结晶的基本过程：形核 - 长大。（见示意图）

描述结晶进程的两个参数

形核率：单位时间、单位体积液体中形成的晶核数量。用 N 表示。

长大速度：晶核生长过程中，液固界面在垂直界面方向上单位时间内迁移的距离。用 G 表示。

➤ 第6章 知识点总结

◆ 材料结晶的基本条件

1 热力学条件

(1) G-T曲线

a 是下降曲线：由G-T函数的一次导数（负）确定。

$$dG/dT = -S$$

b 是上凸曲线：由二次导数（负）确定。

$$d^2G/d^2T = -C_p/T$$

c 液相曲线斜率大于固相：由一次导数大小确定。

二曲线相交于一点，即材料的熔点。

➤ 第6章 知识点总结

(2) 热力学条件

$$\Delta G_v = -L_m \Delta T / T_m$$

a $\Delta T > 0$, $\Delta G_v < 0$ - 过冷是结晶的必要条件 (之一)。

b ΔT 越大, ΔG_v 越小 - 过冷度越大, 越有利于结晶。

c ΔG_v 的绝对值为凝固过程的驱动力。

(3) 结构条件

结构起伏 (相起伏) : 液态材料中出现的短程有序原子集团的时隐时现现象。是结晶的必要条件 (之二)

➤ 第6章 知识点总结

◆ 晶核的形成

均匀形核：新相晶核在遍及母相的整个体积内无规则均匀形成。

非均匀形核：新相晶核依附于其它物质择优形成。

1 均匀形核

晶胚形成时的能量变化

$$\Delta G = V \Delta G_v + \sigma S = (4/3)\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \sigma$$

[2] 临界晶核

$$d\Delta G/dr = 0$$

$$r_k = -2\sigma/\Delta G_v$$

临界晶核：半径为 r_k 的晶胚。

➤ 第6章 知识点总结

临界过冷度

$$r_k = -2\sigma T_m / L_m \Delta T$$

临界过冷度：形成临界晶核时的过冷度。 ΔT_k 。

$T \geq \Delta T_k$ 是结晶的必要条件。

(4) 形核功与能量起伏

$$\Delta G_k = S_k \sigma / 3$$

临界形核功：形成临界晶核时需额外对形核所做的功。

能量起伏：系统中微小区域的能量偏离平均能量水平而高低不一的现象。（是结晶的必要条件之三）。

➤ 第6章 知识点总结

形核率与过冷度的关系

$$N=N_1 \cdot N_2 \text{ (图3 - 11 , 12)}$$

由于 N 受 $N_1 \cdot N_2$ 两个因素控制，形核率与过冷度之间是呈抛物线的关系。

➤ 第6章 知识点总结

2 非均匀形核

模型：外来物质为一平面，固相晶胚为一球冠。

自由能变化：表达式与均匀形核相同。

临界形核功

计算时利用球冠体积、表面积表达式，结合平衡关系 $\sigma_l w = \sigma_s w + \sigma_{sl} \cos\theta$ 计算能量变化和临界形核功。

$$\Delta G_{k\neq} / \Delta G_k = (2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta) / 4$$

a $\theta=0$ 时， $\Delta G_{k\neq} = 0$ ，杂质本身即为晶核；

b $180 > \theta > 0$ 时， $\Delta G_{k\neq} < \Delta G_k$ ，杂质促进形核；

c $\theta=180$ 时， $\Delta G_{k\neq} = \Delta G_k$ ，杂质不起作用。

➤ 第6章 知识点总结

影响非均匀形核的因素

a 过冷度：（ $N-\Delta T$ 曲线有一下降过程）。

b 外来物质表面结构： θ 越小越有利。点阵匹配原理：结构相似，点阵常数相近。

c 外来物质表面形貌：表面下凹有利。

➤ 第6章 知识点总结

◆ 晶核的长大

1 晶核长大的条件

动态过冷

动态过冷度：晶核长大所需的界面过冷度。（是材料凝固的必要条件）

足够的温度

合适的晶核表面结构。

2 液固界面微结构与晶体长大机制

粗糙界面（微观粗糙、宏观平整 - 金属或合金从来可的界面）：垂直长大。

光滑界面（微观光滑、宏观粗糙 - 无机化合物或亚金属材料的界面）：二维晶核长大、依靠缺陷长大。

➤ 第6章 知识点总结

3 液体中温度梯度与晶体的长大形态

正温度梯度（液体中距液固界面越远，温度越高）

粗糙界面：平面状。

光滑界面：台阶状。

负温度梯度（液体中距液固界面越远，温度越低）

粗糙界面：树枝状。

光滑界面：树枝状 - 台阶状。

➤ 第6章 知识点总结

◆ 凝固理论的应用

1 材料铸态晶粒度的控制

$$Z_v = 0.9(N/G)^{3/4}$$

提高过冷度。降低浇铸温度，提高散热导热能力，适用于小件。

化学变质处理。促进异质形核，阻碍晶粒长大。

振动和搅拌。输入能力，破碎枝晶。

2 单晶体到额制备

基本原理：保证一个晶核形成并长大。

制备方法：尖端形核法和垂直提拉法。

➤ 第6章 知识点总结

3 定向凝固技术

原理：单一方向散热获得柱状晶。

制备方法。

4 急冷凝固技术 非晶金属与合金

微晶合金。 准晶合金。



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

冲刺串讲（六）

主讲：小飞

➤ 第7章 知识点总结

◆ 相图的基本知识

1 相律

相律：热力学平衡条件下，系统的组元数、相数和自由度数之间的关系。

表达式： $f=c-p+2$ ；压力一定时， $f=c-p+1$ 。

应用

可确定系统中可能存在的最多平衡相数。如单元系2个，二元系3个。

可以解释纯金属与二元合金的结晶差别。纯金属结晶恒温进行，二元合金变温进行。

➤ 第7章 知识点总结

2 相图的表示与建立

状态与成分表示法

状态表示：温度 - 成分坐标系。坐标系中的点 - 表象点。

成分表示：质量分数或摩尔分数。

相图的建立

方法：实验法和计算法。

过程：配制合金 - 测冷却曲线 - 确定转变温度 - 填入坐标 - 绘出曲线。

相图结构：两点、两线、三区。

➤ 第7章 知识点总结

3 杠杆定律

平衡相成分的确定（根据相率，若温度一定，则自由度为0，平衡相成分随之确定。）

数值确定：直接测量计算或投影到成分轴测量计算。

注意：只适用于两相区；三点（支点和端点）要选准。

➤ 第7章 知识点总结

◆ 二元匀晶相图

1 匀晶相同及其分析

匀晶转变：由液相直接结晶出单相固溶体的转变。

匀晶相图：具有匀晶转变特征的相图。

相图分析（以Cu-Ni相图为例）

两点：纯组元的熔点；

两线：L, S相线；

三区：L, α , L+ α 。

➤ 第7章 知识点总结

2 固溶体合金的平衡结晶

平衡结晶：每个时刻都能达到平衡的结晶过程。

平衡结晶过程分析

① 冷却曲线：温度 - 时间曲线；

② 相（组织）与相变（各温区相的类型、相变反应式，杠杆定律应用。）；

➤ 第7章 知识点总结

◆ 二元共晶相图及合金凝固

共晶转变：由一定成分的液相同时结晶出两个一定成分固相的转变。

共晶相图：具有共晶转变特征的相图。

（液态无限互溶、固态有限互溶或完全不溶，且发生共晶反应。）

共晶组织：共晶转变产物。（是两相混合物）

1 相图分析（相图三要素）

点：纯组元熔点；最大溶解度点；共晶点（是亚共晶、过共晶成分分界点）等。

线：结晶开始、结束线；溶解度曲线；共晶线等。

区：3个单相区；3个两相区；1个三相区。

➤ 第7章 知识点总结

2 不平衡结晶及其组织

伪共晶

① 伪共晶：由非共晶成分的合金所得到的完全共晶组织。

② 形成原因：不平衡结晶。成分位于共晶点附近。

③ 不平衡组织

由非共晶成分的合金得到的完全共晶组织。

共晶成分的合金得到的亚、过共晶组织。（伪共晶区偏移）

➤ 第7章 知识点总结

3 不平衡共晶：位于共晶线以外成分的合金发生共晶反应而形成的组织。

原因：不平衡结晶。成分位于共晶线以外端点附件。

离异共晶

离异共晶：两相分离的共晶组织。

形成原因

平衡条件下，成分位于共晶线上两端点附近。

不平衡条件下，成分位于共晶线外两端点附。

消除：扩散退火。

➤ 第7章 知识点总结

4 稳态凝固时的溶质分布

(1) 稳态凝固：从液固界面输出溶质速度等于溶质从边界层扩散出去速度的凝固过程。

(2) 平衡分配系数：在一定温度下，固、液两平衡相中溶质浓度的比值。

$$k_0 = C_s / C_l$$

5 成分过冷及其对晶体生长形态的影响

成分过冷：由成分变化与实际温度分布共同决定的过冷。

形成：界面溶质浓度从高到低 - 液相线温度从低到高。

(图示：溶质分布曲线 - 匀晶相图 - 液相线温度分布曲线 - 实际温度分布曲线 - 成分过冷区。)

➤ 第7章 知识点总结

(3) 成分过冷形成的条件和影响因素

条件： $G/R < mC_0(1-k_0)/Dk_0$

合金固有参数： m, k_0 ;

实验可控参数： G, R 。

(4) 成分过冷对生长形态的影响

(正温度梯度下) G 越大, 成分过冷越大 - 生长形态: 平面状 - 胞状 - 树枝状。

➤ 第7章 知识点总结

◆ 二元包晶相图

包晶转变：由一个特定成分的固相和液相生成另一个特点成分固相的转变。

包晶相图：具有包晶转变特征的相图。

1 相图分析

点、线、区。

2 平衡结晶过程及其组织

包晶合金的结晶

结晶过程：包晶线以下，L, α 对 β 过饱和 - 界面生成 β - 三相间存在浓度梯度 - 扩散 - β 长大 - 全部转变为 β 。

室温组织： β 或 $\beta + \alpha_{II}$ 。

成分在C-D之间合金的结晶

结晶过程： α 剩余；

室温组织： $\alpha + \beta + \alpha_{II} + \beta_{II}$ 。

➤ 第7章 知识点总结

3 不平衡结晶及其组织

异常 α 相导致包晶偏析〔包晶转变要经 β 扩散。包晶偏析：因包晶转变不能充分进行而导致的成分不均匀现象。〕

异常 β 相由不平衡包晶转变引起。成分在靠近固相、包晶线以外端点附件。

4 包晶转变的应用

组织设计：如轴承合金需要的软基体上分布硬质点的组织。

晶粒细化。

➤ 第7章 知识点总结

◆ 铁碳合金相图

1 二元相图的分析和使用

二元相图中的几何规律

- ①相邻相区的相数差1（点接触除外） - 相区接触法则；
- ②三相区的形状是一条水平线，其上三点是平衡相的成分点。
- ③若两个三相区中有2个相同的相，则两水平线之间必是由这两相组成的两相区。
- ④单相区边界线的延长线应进入相邻的两相区。

➤ 第7章 知识点总结

2相图分析步骤

- ①以稳定的化合物分割相图；
- ②确定各点、线、区的意义；
- ③分析具体合金的结晶过程及其组织变化

注：虚线、点划线的意义 - 尚未准确确定的数据、磁学转变线、有序 - 无序转变线。

➤ 第7章 知识点总结

六 相图与合金性能的关系

1 根据相图判断材料的力学和物理性能

2 根据相图判断材料的工艺性能

铸造性能：根据液固相线之间的距离 X

X 越大，成分偏析越严重（因为液固相成分差别大）；

X 越大，流动性越差（因为枝晶发达）；

X 越大，热裂倾向越大（因为液固两相共存的温区大）。

塑性加工性能：选择具有单相固溶体区的合金。

热处理性能：选择具有固态相变或固溶度变化的合金。

➤ 第7章 知识点总结

◆ 铸锭组织及其控制

1 铸锭组织

铸锭三区：表层细晶区、柱状晶区、中心等轴晶区。

组织控制：受浇铸温度、冷却速度、化学成分、变质处理、机械振动与搅拌等因素影响。

➤ 第7章 知识点总结

2 铸锭缺陷

微观偏析

宏观偏析

正偏析 反偏析 比重偏析

夹杂与气孔

夹杂：外来夹杂和内生夹杂。 气孔：析出型和反应型。

缩孔和疏松

形成：凝固时体积缩小 - 补缩不足 - 形成缩孔。

分类：集中缩孔（缩孔、缩管）和分散缩孔

➤ 第8章 知识点总结

◆ 总论

1 三元相图的主要特点

是立体图形，主要由曲面构成；可发生四相平衡转变；一、二、三相区为一空间。

2 成分表示法 - 成分三角形（等边、等腰、直角三角形）

已知点确定成分；已知成分确定点。

3 成分三角形中特殊的点和线

三个顶点：代表三个纯组元；

三个边上的点：二元系合金的成分点；

➤ 第8章 知识点总结

平行于某条边的直线：其上合金所含由此边对应顶点所代表的组元的含量一定。

通过某一顶点的直线：其上合金所含由另两个顶点所代表的两组元的比值恒定。

4 平衡转变的类型

(1) 共晶转变： $L_0 \xrightarrow{T} \alpha + \beta + \gamma$;

(2) 包晶转变： $L_0 + \alpha + \beta \xrightarrow{T} \gamma$;

包共晶转变： $L_0 + \alpha \xrightarrow{T} \beta + \gamma$;

还有偏共晶、共析、包析、包共析转变等。

➤ 第8章 知识点总结

5 共线法则与杠杆定律

共线法则：在一定温度下，三元合金两相平衡时，合金的成分点和两个平衡相的成分点必然位于成分三角形的同一条直线上。（由相率可知，此时系统有一个自由度，表示一个相的成分可以独立改变，另一相的成分随之改变。）

杠杆定律：用法与二元相同。

➤ 第8章 知识点总结

6 重心定律

在一定温度下，三元合金三相平衡时，合金的成分点为三个平衡相的成分点组成的三角形的质量重心。（由相率可知，此时系统有一个自由度，温度一定时，三个平衡相的成分是确定的。）

平衡相含量的计算：所计算相的**成分点**、**合金成分点**和二者连线的延长线与对边的**交点**组成一个杠杆。合金成分点为支点。计算方法同杠杆定律。

➤ 第8章 知识点总结

◆ 三元匀晶相图

1 相图分析

点： T_a , T_b , T_c -三个纯组元的熔点；

面：液相面、固相面；

区：L, α , L+ α 。

➤ 第8章 知识点总结

2 三元固溶体合金的结晶规律

液相成分沿液相面、固相成分沿固相面，呈蝶形规律变化。

(立体图不实用)

3 等温界面 (水平截面)

做法：某一温度下的水平面与相图中各面的交线。

截面图分析

3个相区： $L, \alpha, L+\alpha$;

2条相线： L_1L_2, S_1S_2 (共轭曲线) ;

若干连接线：可作为计算相对量的杠杆 (偏向低熔点组元；可用合金成分点与顶点的连线近似代替)

➤ 第8章 知识点总结

4 变温截面（垂直截面）

做法：某一垂直平面与相图中各面的交线。

二种常用变温截面 经平行于某条边的直线做垂直面获得；
经通过某一顶点的直线做垂直面获得。

➤ 第8章 知识点总结

结晶过程分析

成分轴的两端不一定是纯组元；

注意 液、固相线不一定相交；

不能运用杠杆定律（液、固相线不是成分变化线）。

5 投影图

等温线投影图：可确定合金结晶开始、结束温度。

全方位投影图：匀晶相图不必要。

➤ 第8章 知识点总结

◆ 三元相图总结

立体图：共轭曲面。

1 两相平衡

等温图：两条曲线。

2 三相平衡

立体图：三棱柱，棱边是三个平衡相单变量线。

等温图：直边三角形，顶点是平衡相成分点。

垂直截面：曲边三角形，顶点不代表成分



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第一套模拟试卷解析

主讲：小飞

► 试卷评析

总分150分

试题考查方向突出“基础兼顾能力”的命题原则，具体体现如下：

1.基础考查。整套试卷，试题中名词解释还有多数分析论述题都属于考察基本概念、规律、知识点归纳，很大部分的答案文字都源于教材和相关辅导书练习题。

2.能力考查。本套试题对于学生能力的考查，有易于混淆的概念辨析、有相图分析推理、有综合性较强的计算。着重考察学生的对问题的分析解决问题的能力。

总体来看，试题难度适中，题量适中，估计学生考取高分有点困难。

► 试题解析

1、名词解释（每题3分，共15分）

（1）形变强化

【参考答案】金属经冷塑性变形后，其强度和硬度上升，塑性和韧性下降，这种现象称为形变强化。

（2）不全位错

【参考答案】柏氏矢量不等于点阵矢量整数倍的位错称为不全位错。

（3）包晶转变

【参考答案】在二元相图中，包晶转变就是已结晶的固相与剩余液相反应形成另一固相的恒温转变。

➤ 试题解析

(4) 上坡扩散

【参考答案】参看视频

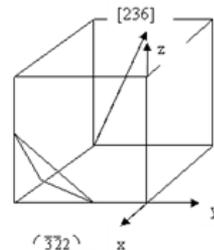
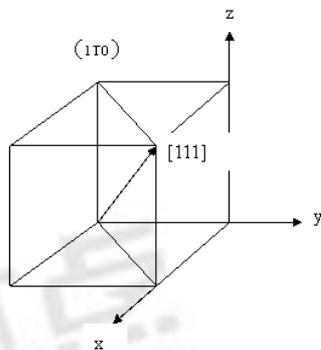
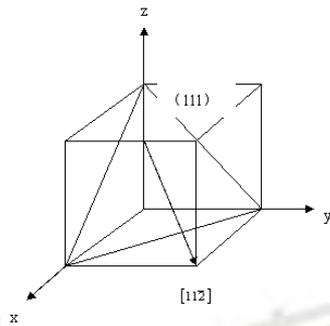
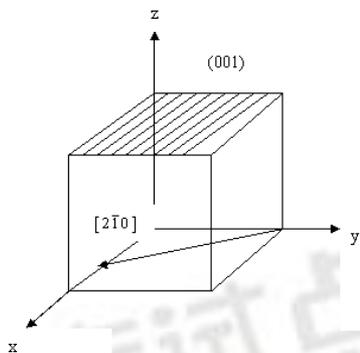
(5) 间隙相

【参考答案】参看视频

► 试题解析

2、(12分) 画出下列晶面指数和晶向指数

(001) 与 $[2\bar{1}0]$, (111) 与 $[11\bar{2}]$, $(1\bar{1}0)$ 与 $[111]$, $(\bar{3}22)$ 与 $[236]$,



► 试题解析

3 依据结合力的本质不同，晶体中的键合作用分为哪几类？其特点是什么？（10分）

答：晶体中的键合作用可分为离子键、共价键、金属键、范德华键和氢键。

离子键的特点是没有方向性和饱和性，结合力很大。共价键的特点是具有方向性和饱和性，结合力也很大。金属键是没有方向性和饱和性的共价键，结合力是离子间的静电库仑力。范德华键是通过分子力而产生的键合，分子力很弱。氢键是两个电负性较大的原子相结合形成的键，具有饱和性。

► 试题解析

4、氧化镁 (MgO) 具有NaCl型结构，即具有O²⁻离子的面心立方结构。

(12分) 问：

(1) 若其离子半径 $r_{Mg^{2+}} = 0.066\text{nm}$ ， $r_{O^{2-}} = 0.140\text{nm}$ ，则其原子堆积密度为多少？

(2) 如果 $r_{Mg^{2+}}/r_{O^{2-}} = 0.41$ ，则原子堆积密度是否改变？

答：(1) 点阵常数 $a = 2(r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}}) = 0.412\text{nm}$

堆积密度

$$P_f = \frac{\frac{3}{4}\pi(r_{Mg^{2+}} + r_{O^{2-}}) \times 4}{a^3} = 0.73$$

(2) 堆积密度会改变，因为 P_f 与两异号离子半径的比值有关。

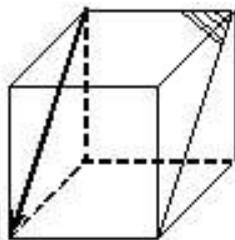
➤ 试题解析

5、影响置换型固溶体和间隙型固溶体形成的因素有哪些？（13分）

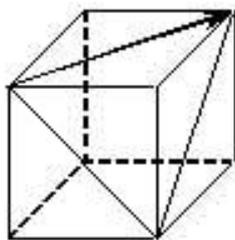
【参考答案】参看视频

► 试题解析

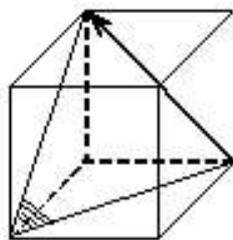
6、在面心立方晶体中，分别画出 (101) 、 $[10\bar{1}]$ 和 $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[\bar{1}10]$ (111) 、 $[0\bar{1}1]$ 指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？若外力方向为 $[001]$ ，请问哪些滑移系可以开动？（15分）



(101) 、 $[10\bar{1}]$
不能构成滑移系



$(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[\bar{1}10]$
能构成滑移系
不能开动



(111) 、 $[0\bar{1}1]$
能构成滑移系
能开动

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

7、单相合金的冷塑性变形与纯金属的室温塑性变形相比，有何特点？10分

【参考答案】参看视频

► 试题解析

8 请根据所附二元共晶相图分析解答下列问题：（18分）

- 1) 分析合金 I、II 的平衡结晶过程，并绘出冷却曲线；
- 2) 说明室温下 I、II 的相和组织是什么？并计算出相和组织的相对含量；
- 3) 如果希望得到室温组织为共晶组织和 5% 的 β 初 的合金，求该合金的成分；
- 4) 分析在快速冷却条件下，I、II 两合金获得的组织有何不同。

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

9、请对比分析加工硬化、细晶强化、弥散强化、复相强化和固溶强化的特点和机理。（10分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

10、试从晶界的结构特征和能量特征分析晶界的特点。（10分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

11、两位错发生交割时产生的扭折和割阶有何区别？（10分）

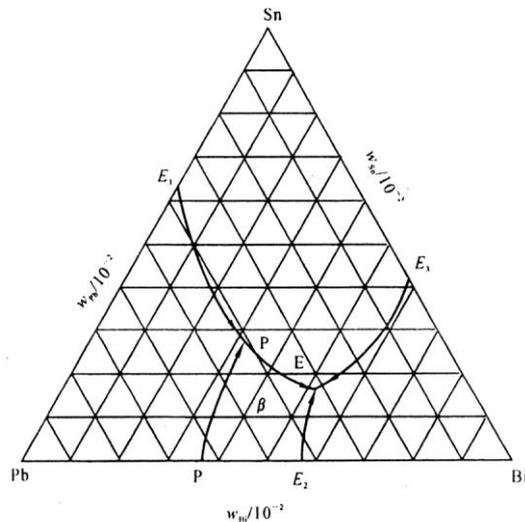
【参考答案】参看视频

► 试题解析

12、图示为Pb-Sn-Bi相图投影图。问：

- (1) 写出合金Q ($w_{\text{Bi}} = 0.7$, $w_{\text{Sn}} = 0.2$) 凝固过程及室温组织；
- (2) 计算合金室温下组织组成物的相对含量。 (15分)

【参考答案】参看视频





材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第二套模拟试卷解析

主讲：小飞

► 试卷评析

总分150分

试题考查方向突出“基础兼顾能力”的命题原则，具体体现如下：

1.基础考查。整套试卷，试题中名词解释还有多数分析论述题都属于考察基本概念、规律、知识点归纳，很大部分的答案文字都源于教材和相关辅导书练习题。

2.能力考查。本套试题对于学生能力的考查，有易于混淆的概念辨析、有相图分析推理、有综合性较强的计算。着重考察学生的对问题的分析解决问题的能力。

总体来看，试题难度适中，题量适中，估计学生考取高分有点困难。

► 试题解析

1.名词解释（15分，每小题3分）

（1）离异共晶

【参考答案】共晶体中的 α 相依附于初生 α 相生长，将共晶体中另一相 β 推到最后凝固的晶界处，从而使共晶体两组成相相间的组织特点消失，这种两相分离的共晶体称为离异共晶

（2）均匀形核

【参考答案】新相晶核是在母相中存在均匀地生长的，即晶核由液相中的一些原子团直接形成，不受杂质粒子或外表面的影响

➤ 试题解析

(3) 细晶强化

【参考答案】参看视频

(4) 包析反应

【参考答案】参看视频

(5) 非共格晶界

【参考答案】参看视频

► 试题解析

2. 面心立方晶体和体心立方晶体的晶胞原子数、配位数和致密度各是多少？（10分）

晶胞类型	晶胞原子数	配位数	致密度
面心立方	4	12	74%
体心立方	2	8	68%
六方晶体	4	12	74%

► 试题解析

3. 请说明间隙化合物与间隙固溶体的异同。(12分)

答：相同点：小原子溶入

不同点：若小原子溶入后，大小原子数量成比例，在选取点阵时，大小原子点阵可以合并，这实际上改变了大原子的点阵结构，因此认为形成新相，称为间隙相（间隙化合物）。

若小原子溶入后，分布随机，大小原子点阵不能合并，仍然保留大原子点阵，称为间隙固溶体。

► 试题解析

4 试述位错的基本类型及其特点。（10分）

解：位错主要有两种：刃型位错和螺型位错。刃型位错特点：滑移方向与位错线垂直，符号 \perp ，有多余半片原子面。螺型位错特点：滑移方向与位错线平行，与位错线垂直的面不是平面，呈螺旋状，称螺型位错。

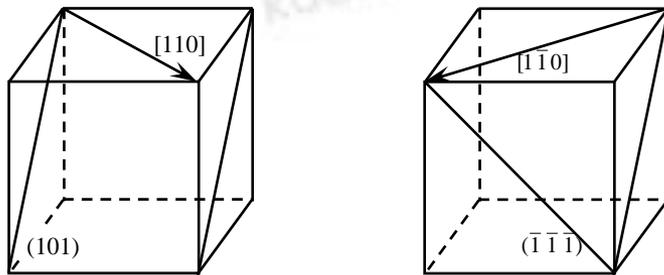
➤ 试题解析

5. 临界晶核的物理意义是什么？形成临界晶核的充分条件是什么？（10分）

【参考答案】参看视频

► 试题解析

6. 在面心立方晶体中，分别画出(101)、[110]和 $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ 、 $[1\bar{1}0]$ ，指出哪些是滑移面、滑移方向，并就图中情况分析它们能否构成滑移系？（13分）



【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

7 已知铜的临界切分应力为1Mpa，问要使面上产生[101]方向的滑移，应在[001]方向上施加多大的力？（13分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

8 已知碳在 γ -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? ($R = 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$) (12分)

【参考答案】参看视频

► 试题解析

9. 按下列条件绘出A-B二元相图：（15分）

- 1) A组元（熔点 600°C ）与B组元（熔点 500°C ）在液态时无限互溶；
- 2) 固态时，A在B中的最大固溶度为 $w_A=0.30$ ，室温时为 $w_A=0.10$ ；而B在固态下不溶于A；
- 3) 300°C 时发生共晶反应。

在A-B二元相图中，分析 $w_B=0.6$ 的合金平衡凝固后，在室温下的相组成物及组织组成物，并计算各相组成物的相对含量。

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

10、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。（15分）

【参考答案】 参看视频

➤ 试题解析

11、请简述扩散的微观机制有哪些？影响扩散的因素又有哪些？（10分）

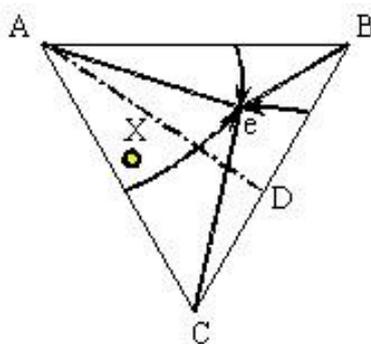
【参考答案】参看视频

► 试题解析

12、已知三元简单共晶的投影图，见附图，（15分）

- 1) 请画出 AD 代表的垂直截面图及各区的相组成（已知 $T_A > T_D$ ）；
- 2) 请画出 X 合金平衡冷却时的冷区曲线，及各阶段相变反应。

【参考答案】参看视频





材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第三套模拟试卷解析

主讲：小飞

► 试卷评析

总分150分

试题考查方向突出“基础兼顾能力”的命题原则，具体体现如下：

1.基础考查。整套试卷，试题中名词解释还有多数分析论述题都属于考察基本概念、规律、知识点归纳，很大部分的答案文字都源于教材和相关辅导书练习题。

2.能力考查。本套试题对于学生能力的考查，有易于混淆的概念辨析、有相图分析推理、有综合性较强的计算。着重考察学生的对问题的分析解决问题的能力。

总体来看，试题难度适中，题量适中，估计学生考取高分有点困难。

► 试题解析

1、名词解释（15分，每小题3分）

（1）中间相

【参考答案】两组元A和B组成合金时，除了形成以A为基或以B为基的固溶体外，还可能形成晶体结构与A，B两组元均不相同的新相。由于它们在二元相图上的位置总是位于中间，故通常

（2）弥散强化

【参考答案】许多材料由两相或多相构成，如果其中一相为细小的颗粒并弥散分布在材料内，则这种材料的强度往往会增加，称为弥散强化。

➤ 试题解析

(3) 非均匀形核

【参考答案】新相优先在母相中存在的异质处形核，即依附于液相中的杂质或外来表面形核。

(4) 双交滑移

【参考答案】参看视频

(5) 弗兰克尔空位

【参考答案】参看视频

► 试题解析

2、分析氢，氮，碳，硼在 α -Fe 和 γ -Fe 中形成固溶体的类型，进入点阵中的位置和固溶度大小。已知元素的原子半径如下：氢：0.046nm，氮：0.071nm，碳：0.077nm，硼：0.091nm， α -Fe：0.124nm， γ -Fe：0.126nm。（12分）

解答： α -Fe 为bcc结构，致密度虽然较小，但是它的间隙数目多且分散，间隙半径很小，四面体间隙半径为 $0.291R_a$ ，即 $R = 0.0361\text{nm}$ ，八面体间隙半径为 $0.154R_a$ ，即 $R = 0.0191\text{nm}$ 。氢，氮，碳，硼由于与 α -Fe的尺寸差别较大，在 α -Fe中形成间隙固溶体，固溶度很小。 α -Fe的八面体间隙的[110]方向 $R=0.633 R_a$ ，间隙元素溶入时只引起一个方向上的点阵畸变，故多数处于 α -Fe的八面体间隙中心。B原子较大，有时以置换方式溶入 α -Fe。由于 γ -Fe为fcc结构，间隙数目少，间隙半径大，四面体间隙半径为 $0.225 R_a$ ，即 $R = 0.028\text{nm}$ ，八面体间隙半径为 $0.414 R_a$ ，即 $R = 0.0522\text{nm}$ 。氢，氮，碳，硼在 γ -Fe 中也是形成间隙固溶体，其固溶度大于在 α -Fe中的固溶度，氢，氮，碳，硼处于 γ -Fe的八面体间隙中心。

► 试题解析

3、何谓共析转变？与共晶转变比较有何异同？（10分）

答：共析转变：一定成分的固相在一定温度下分解为另外两个一定成分的固相的转变过程。

相同点：都是由一个相分解为两个相的三相恒温转变，三相成分点在相图上的分布是一样的。

不同点：共析反应的反应相是固相，而共晶反应的反应相是液相。共析组织比共晶组织致密。

► 试题解析

4、何谓过冷，过冷度，动态过冷度，它们对结晶过程有何影响？（10分）

答：过冷是指金属结晶时实际结晶温度 T_n 比理论结晶温度 T_m 低的现象。过冷度 ΔT 指 T_m 与 T_n 的差值。动态过冷度指晶核长大时的过冷度。金属形核和长大都需要过冷，过冷度增大通常使形核半径、形核功减少，形核过程容易，形核率增加，晶粒细化。

➤ 试题解析

5、在铝单晶体中（fcc结构），如果两扩展位错运动，当它们在两个滑移面交线AB相遇时，两领先不全位错为 $\frac{a}{2}[10\bar{1}]$ 和 $\frac{a}{6}[\bar{1}21]$ ，两领先位错能否发生反应，若能，求新位错柏氏矢量；对加工硬化有何作用。（12分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

6、位错对金属材料有何影响（10分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

7、简述金属冷变形度的大小对再结晶形核机制和再结晶晶粒尺寸的影响。
(13分)

【参考答案】 参看视频

➤ 试题解析

8、户外用的架空铜导线（要求一定的强度）和户内电灯用花线，在加工之后可否采用相同的最终热处理工艺？为什么？（10分）

【参考答案】 参看视频

► 试题解析

9、试用位错理论解释固溶强化，弥散强化，以及加工硬化的原因。（15分）

【参考答案】 参看视频

➤ 试题解析

10、Ni板与Ta板中有0.05mm厚MgO板作为阻挡层，1400℃时Ni⁺通过MgO向Ta中扩散，此时Ni⁺在MgO中的扩散系数为 $D=9 \times 10^{-12} \text{cm}^2/\text{s}$ ，Ni的点阵常数为 $3.6 \times 10^{-8} \text{cm}$ 。问每秒钟通过MgO阻挡层在 $2 \times 2 \text{cm}^2$ 的面积上扩散的Ni⁺数目，并求出要扩散走1mm厚的Ni层需要的时间。（15分）

【参考答案】 参看视频

► 试题解析

- 11、在图4—30所示相图中，请指
- 水平线上反应的性质；
 - 各区域的组织组成物；
 - 分析合金I，II的冷却过程；
 - 室温下合金I，II的组织组成物的相对量表达式；（18分）

【参考答案】 参看视频

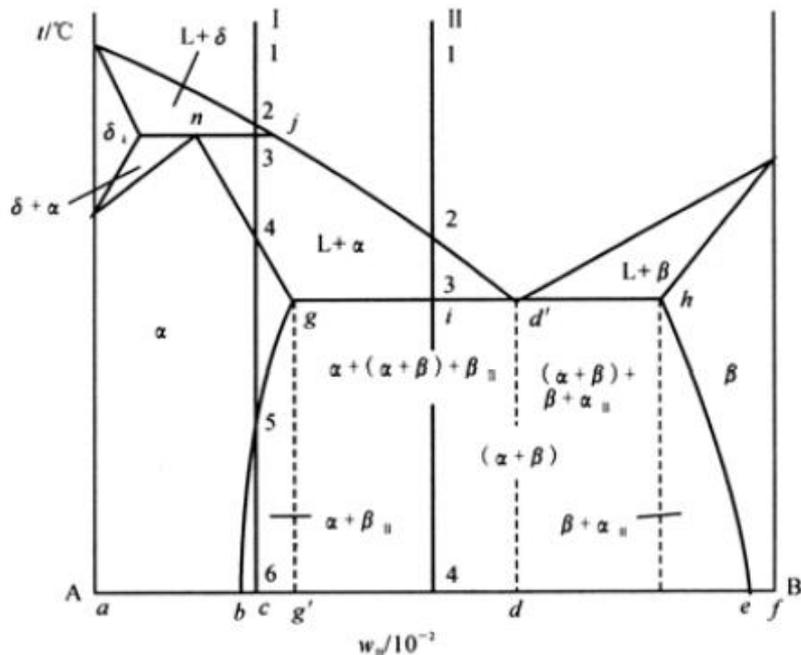


图 4 - 30 A - B 二元相图

➤ 试题解析

12、为什么金属材料经热加工后机械性能较铸造态好。（10分）

【参考答案】参看视频



材料科学基础

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第四套模拟试卷解析

主讲：小飞

► 试卷评析

总分150分

试题考查方向突出“基础兼顾能力”的命题原则，具体体现如下：

1.基础考查。整套试卷，试题中名词解释还有多数分析论述题都属于考察基本概念、规律、知识点归纳，很大部分的答案文字都源于教材和相关辅导书练习题。

2.能力考查。本套试题对于学生能力的考查，有易于混淆的概念辨析、有相图分析推理、有综合性较强的计算。着重考察学生的对问题的分析解决问题的能力。

总体来看，试题难度适中，题量适中，估计学生考取高分有点困难。

► 试题解析

1、名词解释（15分，每小题3分）

（1）非稳态扩散

【参考答案】扩散组元的浓度不仅随距离 x 变化，也随时间变化的扩散称为非稳态扩散。

（2）相律

【参考答案】相律给出了平衡状态下体系中存在的相数与组元数及温度、压力之间的关系，可表示为：

$f=C+P-2$, f 为体系的自由度数， C 为体系的组元数， P 为相数。

➤ 试题解析

(3) 孪生

【参考答案】晶体受力后，以产生孪晶的方式进行的切变过程叫孪生。

(4) 结构起伏

【参考答案】参看视频

(5) 临界分切应力

【参考答案】参看视频

► 试题解析

2、在铅的 (100) 平面上, 1mm^2 有多少原子? 已知铅为 fcc 面心立方结构, 其原子半径 $R=0.175\times 10^{-6}\text{mm}$ 。(12分)

解答: Pb 为 fcc 结构, 原子半径 R 与点阵常数 a 的关系为 $r = \frac{\sqrt{2}}{4}a$, 故可求得 $a = 0.4949\times 10^{-6}\text{mm}$ 。则 (100) 平面的面积 $S = a^2 = 0.244926011\times 10^{-12}\text{mm}^2$, 每个 (100) 面上的原子个数为 2。所以 1mm^2 上的原子个数 $n = \frac{1}{s} = 4.08\times 10^{12}$ 。

► 试题解析

3、简述液态金属结晶时，过冷度与临界晶核半径，形核功及形核率的关系。（12分）

解答： 液态金属结晶时，均匀形核时临界晶核半径 r_K 与过冷度 T 关系为 $r = \frac{-2\sigma T_m}{L_m \Delta T}$ ，临界形核功 G_K 等于 $\Delta G_k = \frac{16\pi}{3} \cdot \frac{\sigma^3 T_m^2}{(L_m \Delta T)^2}$ 。异质形核时固相质点可作为晶核长大，其临界形核功较小，

$$\Delta G_k^* = \frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{4} \frac{16\pi}{3} \cdot \frac{\sigma^3 T_m^2}{(L_m \Delta T)^2} = \frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{4} \Delta G_k$$

θ 为液相与非均匀形核核心的润湿角。

形核率与过冷度的关系为： $N = C \exp[-(\frac{\Delta G_A}{kT} + \frac{\Delta G_k}{kT})]$

，其中 N 为形核率， C 为常数， ΔG_A 、 ΔG_k 分别表示形核时原子扩散激活能和临界形核功。在通常工业凝固条件下形核率随过冷度增大而增大。

► 试题解析

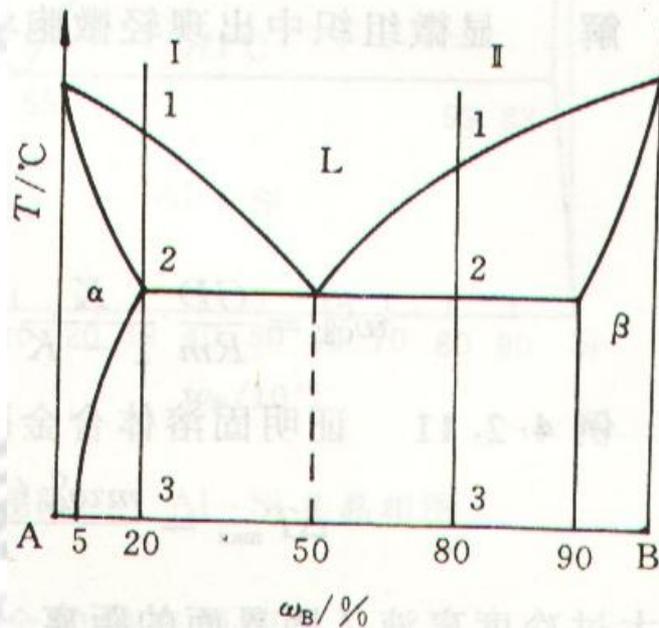
4、A为金属元素，B为非金属元素，形成二元相图如图4-5：

(15分)

1) 画出II合金平衡冷却曲线以及平衡结晶后组织示意图，计算其室温下相组成物及组织组成物相对含量。

2) 试分析不同冷却速度对下图中I合金凝固后显微组织的影响。

3) I合金在工业条件冷凝后如对合金进行扩散退火，应如何确定退火温度。



► 试题解析

解答：1) II 合金的平衡冷却曲线和组织如图；室温下相组成物为 $\alpha + \beta$ ，其中

$$\alpha\% = \frac{90-80}{90-5} \times 100\% = 11.8\%$$

， $\beta = 1 - \alpha\% = 88.2\%$ ，组织组成为 $\beta + (\alpha + \beta)$ 共晶，

$$\beta\% = \frac{80-50}{90-50} \times 100\% = 75\% \text{， } (\alpha + \beta) \text{ 共晶}\% = 1 - \beta\% = 25\% \text{；}$$

I 合金在平衡凝固时室温组织为 $\alpha + \beta$ II，工业条件冷却时出现少量非平衡共晶组织，室温组织为 $\alpha + \beta$ II + 少量 $(\alpha + \beta)$ 共晶。

可以根据相图估计，在共晶温度下尽可能高的温度进行退火。

► 试题解析

5、简述典型金属凝固时，固/液界面的微观结构，长大机制，晶体在正温度梯度下、负温度梯度下成长时固/液界面的形态。（10分）

【参考答案】参看视频

► 试题解析

6 一块用作承载重物的低碳钢板，为提高其表面硬度采用表面渗碳，试分析：

1 渗碳为什么在 γ -Fe中进行而不在 α -Fe中进行，即渗碳温度选择要高于727，为什么？

2 渗碳温度高于1100度会出现什么问题？

【参考答案】参看视频

► 试题解析

7、在铝单晶体中（fcc结构），（15分）

1) 位错反应 $\frac{a}{2}[\bar{1}10] \rightarrow \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}]$ 能否进行？写出反应后扩展位错宽度的表达式和式中各符号的含义；若反应前的 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 是刃位错，则反应后的扩展位错能进行何种运动？能在哪个晶面上进行运动？若反应前的 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 是螺位错，则反应后的扩展位错能进行何种运动？

【参考答案】参看视频

► 试题解析

在 $\frac{a}{2}[\bar{1}10] \rightarrow \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}]$ 中, $\Sigma b_{\text{前}}^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2(1^2 + 1^2 + 0^2) = \frac{a^2}{2}$, μ

$\Sigma b_{\text{后}}^2 = \left(\frac{a}{6}\right)^2(2^2 + 1^2 + 1^2) \times 2 = \frac{a^2}{3}$, $\Sigma b_{\text{前}}^2 > \Sigma b_{\text{后}}^2$, 满足能量条件; 同时

$\Sigma b_{\text{前}} = \frac{a}{2}[\bar{1}10] = \Sigma b_{\text{后}} = \frac{a}{6}[(-2+ -1) \quad (1+2) \quad (1-1)] = \frac{a}{2}[\bar{1}10]$, 满足几何条

件, 故反应能进行。 μ

扩展位错宽度 $d = \frac{G(b_1 b_2)}{2\pi\gamma}$, G 为切弹性模量, b_1 、 b_2 为不全位错柏氏矢量, γ 为层错能。若反应前的 $\frac{a}{2}[\bar{1}10]$ 是刃位错, 则反应后的扩展位错只能在原滑移面上进行滑移;

➤ 试题解析

8、平衡空位浓度与温度有何关系？高温淬火对低温扩散速度有何影响？
(10分)

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

9、单相合金的冷塑性变形与纯金属的室温塑性变形相比，有何特点。（10分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

10、金属晶体塑性变形时，滑移和孪生有何主要区别？（10分）

【参考答案】参看视频

➤ 试题解析

11、灯泡中W丝在高温下工作，发生显著晶粒长大性能变脆，在热应力作用下破断，试找出两种延长钨丝寿命的方法？（10分）

【参考答案】参看视频

► 试题解析

12、分析影响晶界迁移的因素（13分）

【参考答案】参看视频