

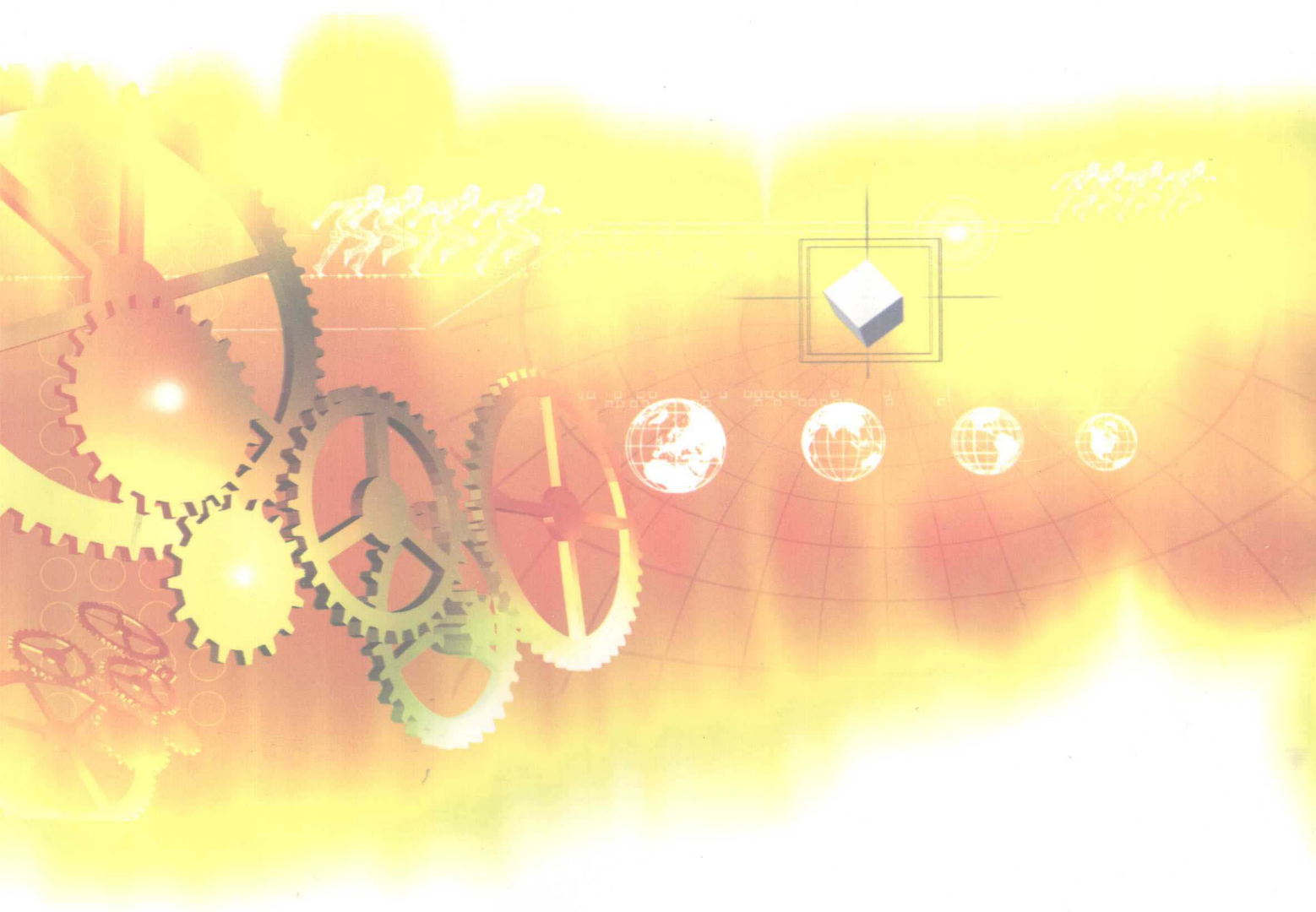
材料成型

CAI LIAO CHENG XING

JI KONG ZHI GONG CHENG ZHUAN YE SHI YAN JIAO CHENG

及控制工程专业实验教程

主编 张会 冯小明



陕西科学技术出版社

材料成型及控制工程 专业实验教程

主编 张 会 冯小明
参编 王永善 徐 峰 侯军才
唐 玲 艾桃桃 李文虎

陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

材料成型及控制工程专业实验教程 / 张会, 冯小明主编.
西安: 陕西科学技术出版社, 2008.10

ISBN 978-7-5369-4284-4

I. 材… II. ①张…②冯… III. 工程材料 - 成型 - 高等学校 - 教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 152973 号

出 版 者 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发 行 者 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印 刷 陕西省汉中印刷厂

规 格 889mm × 1194mm 开本 16

字 数 500 千字

版 次 2008 年 10 月第 1 版
2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究

内 容 简 介

本实验教材是为材料成型及控制工程专业实验教学而编写的一本专业实验教材，包含三部分内容。第一篇为材料科学基础实验；第二篇为材料工程实验；第三篇为综合性、设计性实验三部分。其中第一篇包括了8个实验，内容主要包括材料科学基础课所涉及的实验；第二篇包含了18个实验，内容主要包括材料成型原理、材料成型技术基础等主干专业基础课程所涉及的实验；第三篇包含了13个综合性、设计性的实验，内容主要包括材料塑性成形工艺、材料加工工艺、焊接工艺等专业课程所涉及的实验。每个实验既介绍了实验目的、基本原理与实验内容，又说明了实验设备、实验仪器及实验步骤与方法，同时提出了对实验报告的要求及思考题，旨在为学生的实验教学提供指导。

本实验教材适宜材料成型及控制工程专业本科学生使用，也可供材料加工专业的研究人员和工程技术人员参考。

前 言

在传统的高等工程教育中,人们更多地把实践教学作为对理论教学的补充,是对理论教学中所涉及有关知识的解释和验证。因此,传统的实践教学在实施过程中存在着以下问题:第一,传统实践教学服从和依附于理论教学,作为理论教学的解释和说明。实验教学常常被作为理论教学课时中的一小部分,一般不单独设置。各实践教学环节之间缺乏紧密联系,比较零散,难以形成一个独立的实践教学体系。第二,传统的实践教学是作为对理论教学内容的一种验证,注重实验结果,因此要求教师对实验的内容、过程、步骤及要求以及应该得到的结果有非常细致的设计和全面的指导。不强调实践过程,学生在实践过程中只是被动的操作者,缺乏主观能动性的发挥,不利于对学生能力的培养。第三,对实践教学要达到的具体教学目标缺乏明确的要求,实践环节实施效果不理想。

理论教学是科学地总结前人已有的创新成果和已经发现的社会、自然规律,传递给学生;实践教学应是通过精心设计的教学环节,让学生通过简捷的实践过程总结前人认识真理、发现真理的过程。实践教学的教学目的是培养学生的实践能力和创新精神,培养学生通过实践发现、分析、解决问题的能力,培养学生严谨求实的科研作风,培养学生初步的科学研究能力。

在积极探索与实践的基础上,我们在修订2006级人才培养计划时,重点对人才培养的实践教学体系进行了总体设计和改革实践。其主要作法是:第一,把实践环节提升到了与理论教学并重的地位,建立实践教学的课程体系。第二,从专业人才培养的需要出发,统筹考虑实验课程体系建设。我们将专业课实验独立设为实验课,改进实验课教学内容,实行开放实验,通过对原来实验教学内容进行整合和调整,建立系列化、模块化的实验教学体系,实验课分为四大模块实验,即材料科学基础实验、材料工程基础实验、材料测试技术实验和综合性、设计性实验。在综合性、设计性实验教学中,以材料成分、加工制备、组织结构、使用性能4个要素以及它们之间的相互关系这个当代材料科学与工程的核心为主线,对学生进行从方案设计、成分设计计算、材料选购、实验工艺过程、材料组织及性能检测、实验结果分析到实验报告形成整个过程的综合训练。

本实验教材就是基于上述认识和实践的基础上,由陕西省教学改革项目“材料类专业‘2+1+1’人才培养模式的研究与实践”课题资助,为材料成型及控制工程专业实验教学而编写的一本专业实验教材,包含三部分内容。第一篇为材料科学基础实验;第二篇为材料成型及加工基础实验;第三篇为材料成型及加工综合性、设计性及研究性实验三部分。其中第一篇包括了8个实验,内容主要包括材料科学基础课所涉及的实验;第二篇包含了18个实验,内容主要包括材料成型原理、材料成型技术基础等主干专业基础课程的所涉及的实验。第三篇包含了13个综合性、设计性的实验,内容主要包括材料塑性成形工艺、材料加工工艺、焊接工艺等专业课程的所涉及的实验。

本实验教材所列实验39个。每个实验由实验目的、实验原理、实验设备及材料、实验步骤及方法、实验内容以及实验报告的要求等组成。学生在完成实验时可根据具体条件,选择地完成部分实验内容。

本书中各实验的编写人员分别为:第一篇材料科学基础部分是由王永善老师编写的,第二篇中的实验二,第三篇中的实验三、四、五、六、十二及附录由张会老师编写;第二篇中的实验三、

六、十二、十四，第三篇中的实验十一由徐峰老师编写；第二篇中的实验十六、十七、十八，第三篇中的实验七、九由侯军才老师编写；第二篇中的实验八、九、十、十三、十五由唐玲老师编写；第二篇中的实验七、十一，第三篇中的实验八、十、十三由艾桃桃老师编写。第二篇中的实验一、四、五，第三篇中的实验一、二由李文虎老师编写。本书由张会、冯小明老师统稿。

本书在编写过程中参考了陕西理工学院材料科学与工程学院所使用的实验指导书、兄弟院校的实验教材以及相关的著作，本书的出版得到了陕西理工学院教务处和材料科学与工程学院的大力支持。谨此一并表示感谢。

由于编者水平有限，实验经验不足，书中难免存在许多错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第一篇 材料科学基础实验	1
实验一 常见金属晶体结构的构建与原子堆垛特征分析.....	1
实验二 晶体（氯化铵）结晶过程观察	3
实验三 用热分析法测绘二元合金状态图.....	6
实验四 铁碳合金平衡组织、性能及用途分析.....	7
实验五 金相试样的制备与组织特征分析	15
实验六 金属塑性变形与再结晶组织观察	17
实验七 碳钢热处理组织观察	19
实验八 铸铁、有色金属显微组织观察与分析	23
第二篇 材料工程实验	28
实验一 用拉伸法测量真实应力—应变曲线	28
实验二 表面粗糙度测量	29
实验三 最小阻力定律实验	35
实验四 干摩擦及油润滑条件下的摩擦学实验	35
实验五 热电偶校验	38
实验六 铸造热应力的动态测定	41
实验七 平板铸件凝固过程温度场的测定	44
实验八 铸造残余应力的测定	45
实验九 先进压铸技术	48
实验十 水力学模拟实验	52
实验十一 金属高温压缩塑性变形及其变形抗力测定	58
实验十二 摩擦对锻造变形的影响	65
实验十三 金属板料成形性能试验	67
实验十四 冷正挤压圆柱体实心件的金属流动特点	71
实验十五 金属薄板的弯曲试验	72
实验十六 注塑模的拆装实验	76
实验十七 焊缝接头金相试样制备及显微组织分析	79
实验十八 脉冲 TIG 焊实验	83
第三篇 综合性、设计性实验	89
实验一 铝硅合金的细化和变质处理	89
实验二 消失模铸造实验	98
实验三 等通道挤压实验研究.....	103
实验四 冲裁间隙对冲裁力、冲裁件断面质量和尺寸精度的影响.....	108
实验五 DEFORM 与体积成形技术综合实验——影响模膛充填性因素	114

实验六 金属压缩过程中的摩擦系数测定及压缩过程数值模拟·····	124
实验七 金属室温压缩的塑性变形及其流动·····	129
实验八 金属高温强度和塑性及其测定·····	131
实验九 钨极氩弧焊焊接参数对焊缝质量的影响·····	136
实验十 铁基粉末冶金实验·····	139
实验十一 电火花与线切割加工实验·····	142
实验十二 数控编程实验·····	145
实验十三 金相图像分析·····	165
附录 1: 铸造设备·····	179
附录 2: 锻压设备·····	188
附录 3: 焊接设备·····	201
附录 4: 热处理与表面处理设备·····	208
附录 5: 塑料成型设备·····	213
参考文献·····	216

第一篇 材料科学基础实验

实验一 常见金属晶体结构的构建与原子堆垛特征分析

一、实验目的

- (1) 熟悉面心立方 ($A1/fcc$)、体心立方 ($A2/bcc$) 和密排六方 ($A3/hcp$) 晶体结构中原子的排列位置及晶格常数;
- (2) 熟悉这三种常见晶体结构中常用的晶面及晶向的几何位置, 进一步加深理解和掌握晶向指数和晶面指数的确定方法;
- (3) 熟悉面心立方和密排六方晶体结构中最密排面的原子堆垛顺序;
- (4) 熟悉这三种常见晶体结构中四面体间隙和八面体间隙的位置及分布。

二、实验设备及材料

带孔的多面体塑料块、连接塑料块的金属杆、晶体结构模型及其示意图。

三、实验内容概述

工业上使用的金属元素中, 除了少数具有复杂的晶体结构外, 绝大多数都具有比较简单的晶体结构。其中典型的为面心立方 ($A1/fcc$)、体心立方 ($A2/bcc$) 和密排六方 ($A3/hcp$) 晶体结构。

1. 面心立方晶体结构 ($A1/fcc$)

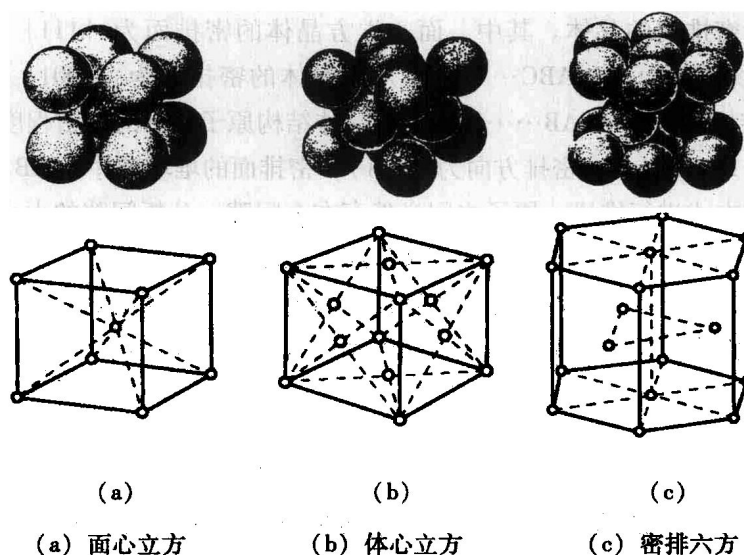


图1 常见三种晶体结构模型

晶胞的三个棱边长度相等，三个轴的夹角为 90° 构成立方体，在晶胞的八个顶点上各有一个原子，在立方体六个面的中心也各有一个原子。具有这种晶体结构的金属有 γ -Fe、Cu、Ni、Al、Ag 等 20 多种。

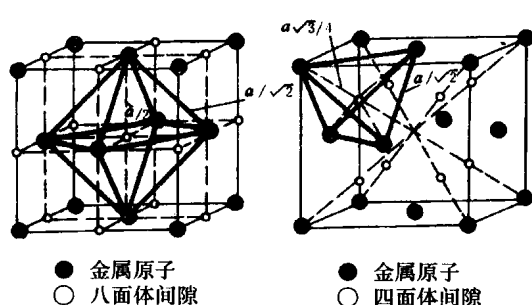


图2 面心立方结构中的间隙

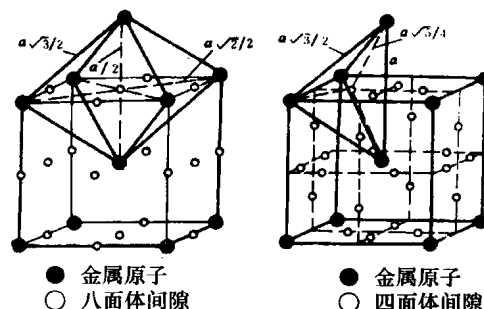


图3 体心立方结构中的间隙

2. 体心立方晶体结构 ($A2/bcc$)

晶胞的三个棱边长度相等，三个轴的夹角为 90° 构成立方体，除了在晶胞的八个顶点上各有一个原子以外，在立方体的中心还有一个原子。具有这种晶体结构的金属有 α -Fe、Cr、V、Nb、Mo、W 等 30 多种。

3. 密排六方晶体结构 ($A3/hcp$)

在晶胞的 12 个顶点各有一个原子构成六方柱体，上下底面中心各有一个原子，晶胞内还有三个原子。上下底面为正六边形，边长为 a ，上下底面之间的距离为 c ， c/a 称为轴比。具有这种晶体结构的金属有 Zn、Mg、Be、 α -Ti、 α -Co、Cd 等 20 多种。

三种晶体结构模型如图 1 所示。在晶体中，由一系列原子所组成的平面即为晶面，任意两个原子之间的连线所指的方向称为晶向，晶面和晶向分别用晶面指数和晶向指数表示。晶面和晶向指数对以后学习理解塑性变形原理等具有十分重要的意义。在面心立方和体心立方晶体中，常用的晶面有 $\{100\}$ 、 $\{110\}$ 、 $\{111\}$ 、 $\{112\}$ 等，常用的晶向有 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 112 \rangle$ 等。

对金属晶体进行分析计算表明，配位数最大为 12，致密度最大为 0.74，因此，面心立方和密排六方晶格均为最紧密排列的晶体。其中，面心立方晶体的密排面为 $\{111\}$ 晶面，密排方向为 $\langle 110 \rangle$ ，密排面的堆垛顺序为 ABCABC……密排六方晶体的密排面为 $\{0001\}$ 晶面，密排方向为 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ ，密排面的堆垛顺序为 ABAB……体心立方晶体结构原子排列的紧密程度较差，称其为次密排面，密排面为 $\{110\}$ 晶面，密排方向为 $\langle 111 \rangle$ ，密排面的堆垛顺序为 ABAB……

无论原子以何种方式进行堆垛，原子之间必然存在有间隙，分析间隙的大小、数量和分布，对于了解金属及合金中原子的固溶、扩散、相变及组织、性能具有重要的意义。面心立方晶体结构和密排六方晶体结构中的间隙均为正八面体和正四面体间隙，且八面体间隙比四面体间隙大得多，而体心立方晶体中的间隙为结构不对称的四面体间隙和扁八面体间隙，且八面体间隙比四面体间隙要小。

四、实验步骤

(1) 根据三种晶体结构的晶格常数，以多面体塑料块为原子，用金属杆连接构建三种晶体结构；

(2) 在所构建的晶体结构上确定 $\{100\}$ 、 $\{110\}$ 、 $\{111\}$ 、 $\{112\}$ 晶面和 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 110 \rangle$ 、

$\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 112 \rangle$ 晶向；

- (3) 找出各晶体结构中的八面体间隙和四面体间隙的位置及数量；
- (4) 按最密排面堆垛顺序，堆垛出面心立方和密排六方结构。

五、实验要求

- (1) 明确本次实验的实验目的；
- (2) 分别画出面心立方、体心立方和密排六方晶胞，并在面心立方和体心立方晶体中标出常用的晶面 $\{100\}$ 、 $\{110\}$ 、 $\{111\}$ 、 $\{112\}$ 和常用的晶向 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 112 \rangle$ ；
- (3) 分别画出面心立方和体心立方晶体中的四面体间隙和八面体间隙，并计算各间隙的尺寸和数量；
- (4) 写出本次实验的心得体会。

六、思考题

- (1) 为什么面心立方晶体和密排六方晶体结构不同，原子堆垛顺序不同，而致密度相同？
- (2) 为什么体心立方晶体结构原子排列的紧密程度比面心立方晶体和密排六方晶体差？
- (3) 试比较碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 和 $\gamma\text{-Fe}$ 中溶解度的大小，并分析其原因。

实验二 晶体（氯化铵）结晶过程观察

一、实验目的

- (1) 通过观察氯化铵的结晶过程，了解金属及其合金的结晶过程，加深理解金属的凝固理论；
- (2) 通过观察氯化铵在不同条件下的结晶过程，了解结晶温度、外加质点等条件对金属结晶过程的影响；
- (3) 进一步加深理解晶粒细化的常用方法及其原理。

二、实验仪器设备及材料

1000W 平底电炉，药物天平，1000ml 的烧杯，药匙，玻璃棒，温度计，小塑料盆，放大镜培养皿，50ml 的烧杯，氯化铵粉末。

三、实验原理概述

因为透明的过饱和盐溶液的结晶与金属的结晶有相似之处，且盐类的结晶速度慢，便于观察，所以人们常通过观察过饱和氯化铵溶液结晶时的形核及长大过程，了解金属的结晶过程。

当液态金属冷却至理论结晶温度以下的实际结晶温度时，经过一段时间的孕育期，才开始出现第一批晶核，并不断长大，同时在液体中又形成新的晶核，也在不断长大。这样，液体金属不断减少，直至液体金属耗尽，结晶过程便告结束。对于一个晶粒来说，严格地区分为形核和长大两个阶段，而对于整体金属液体，则是形核和长大相互重叠交织在一起的。将 20% ~ 30% 氯化铵过饱和

溶液加热至 70°C 左右全部溶解，在冷却时，同样包括形核和长大两个过程。随着液体温度的降低及液体的蒸发，首先从液体的最外层或靠近容器壁部形成细小的等轴晶体，接着以等轴晶体为核心开始向各个方向生长成为柱状的晶体。这些向液体中心生长的柱状晶体生长很快，但其他方向生长的柱状晶体生长速度较慢，这样便形成了明显的方向性。随着由液体向固体转变的进行，在液体中形成不同位向的等轴晶体。当溶剂蒸发速度或温度降低很快时，各个等轴晶体快速向液体中发展并相互接触，则结晶过程结束，结晶过程如图 1 所示。

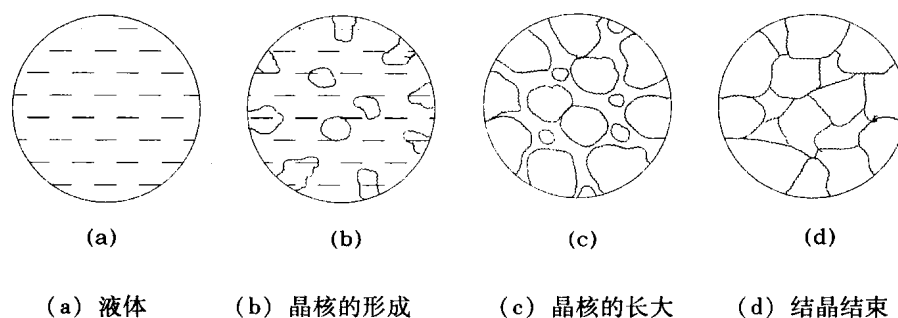


图 1 晶体结晶过程示意图

晶粒的大小对金属的机械性能有很大的影响，一般情况常温下，晶粒越细则机械性能越好。根据结晶时的形核和长大规律，在工业生产中常采用的晶粒细化方法有控制过冷度、变质处理、振动搅拌等。

增大结晶时的过冷度，形核率和长大速度均随之增大，但形核率的增长率大于长大速度的增长率，因而晶粒越细小。20% ~ 30% 氯化铵过饱和溶液结晶时，将盛有等量溶液的 50ml 小烧杯，一个放在塑料盆的冷水中（若在冬季较冷时，则可放在温水中），另外一个在室温下空气中结晶。经过观察，发现放置在冷水中的烧杯中的溶液先结晶，而且结晶速度较快，结晶完成后的晶粒也较细小。变质处理是在浇铸前往溶液中加入形核剂（变质剂），促进形成大量的非均匀晶核来细化晶粒，或加入长大抑制剂，阻止晶粒的长大以达到细化晶粒的目的。在 20% ~ 30% 氯化铵过饱和溶液结晶时，未形核之前，我们可将一些氯化铵粉末撒入溶液中，结果和相同条件下未撒入氯化铵粉末的溶液相比，撒入氯化铵粉末的溶液先结晶，且首先形成的晶核较多，最后的晶粒也较细小。

对即将凝固的金属进行振动或搅拌，一方面依靠外面输入的能量促使晶核提前形成，另一方面是使成长中的晶粒破碎，使晶核数目增加，从而达到细化晶粒的目的。在 20% ~ 30% 氯化铵过饱和溶液结晶时，当已形核并生长一段时间开始后，可用玻璃棒搅拌或振动烧杯，使生长着的氯化铵晶粒破碎形成新的晶核。结果发现，和相同条件下未经过搅拌或振动的烧杯中溶液的结晶相比，经过搅拌或振动的烧杯中的溶液结晶快且晶粒细小。

四、实验步骤

- (1) 根据所需溶液的浓度计算、称量，配制合适浓度的氯化铵溶液；
- (2) 将配好的溶液放在平底电炉上加热，用温度计测量溶液温度，直至 70°C 左右氯化铵全溶，再往溶液中加入少许氯化铵粉末直至全溶待用；
- (3) 将高温过饱和的氯化铵溶液分别倒入每组的 4 个小烧杯和 1 个表面皿中等待观察；
- (4) 将倒好溶液的一个小烧杯放入塑料盆的水中，借助放大镜仔细观察结晶过程；
- (5) 借助放大镜仔细观察表面皿中溶液的结晶过程；

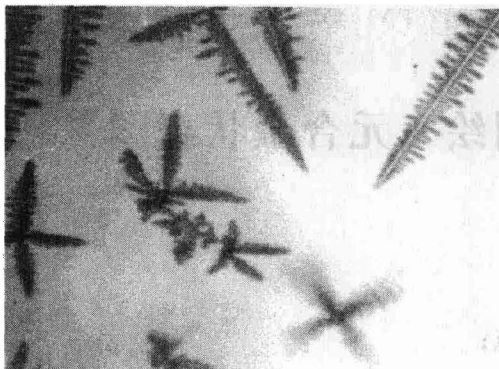


图2 氯化铵结晶过程形核与长大 (50×)



图3 氯化铵结晶过程结晶接近完毕 (50×)

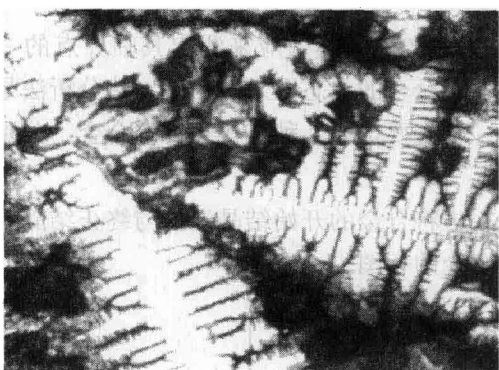


图4 氯化铵结晶过程结晶完毕 (50×)



图5 氯化铵结晶完成后的树枝晶 (1×)

- (6) 在空气中结晶的烧杯中，撒入少许氯化铵粉末，并借助放大镜仔细观察结晶过程；
- (7) 借助放大镜仔细观察在空气中放置的烧杯中溶液的结晶过程（不搅拌或振动）；
- (8) 搅拌或振动在空气中结晶的烧杯中已结晶的树枝晶，并借助放大镜仔细观察；
- (9) 分析比较各种状态下结晶的晶粒大小和速度。

五、实验要求

- (1) 明确本次实验的目的及内容；
- (2) 画出氯化铵溶液在空气中冷却结晶过程示意图；
- (3) 比较在不同条件氯化铵过饱和溶液的结晶特点及差异；
- (4) 结合观察分析说明晶粒细化的方法及原理；
- (5) 谈谈本次实验的心得体会和经验教训。

六、思考题

- (1) 比较均匀形核和非均匀形核的特点及不同之处。
- (2) 分析说明温度梯度对晶体生长形态的影响；

实验三 用热分析法测绘二元合金状态图

一、实验目的

- (1) 了解用热分析法来测定金属及合金的临界点；
- (2) 根据临界点绘制 Pb - Sn 二元合金状态图。

二、实验原理概述

金属的热分析法是利用金属及合金在状态发生变化时产生的热效应来测定其临界点的一种方法。根据不同成分的金属及合金临界点的变化，可以作出合金的状态图来，因此，热分析法是测定合金状态图的一种重要试验手段。测绘合金状态图时，首先要选取几种有代表性的合金，分别测绘出它们的冷却曲线，获得各合金的相变临界点。

然后将合金的临界点对应地绘在温度 - 成分图上，再将合金的开始结晶温度与终止结晶温度分别联结起来就可以绘出二元合金状态图。图 1 是铅锡合金的相图。

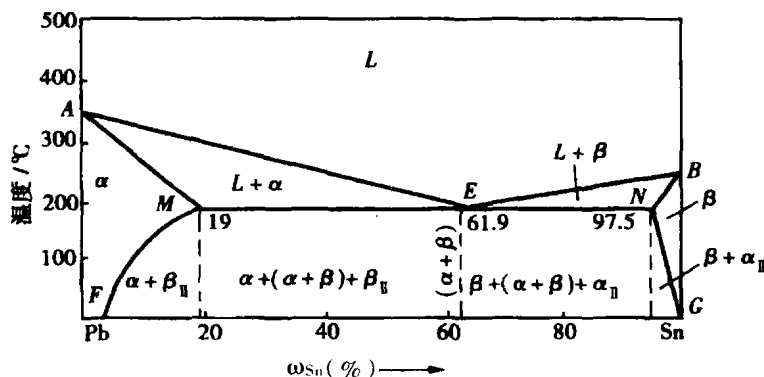


图 1 铅锡合金相图

三、实验仪器设备及材料

材料：纯铅 (Pb)、纯锡 (Sn) 及其合金 (20% Pb + 80% Sn, 38.1% Pb + 61.9% Sn, 70% Pb + 30% Sn)，坩埚电阻炉，石英温度计，秒表，坩埚。

四、实验步骤

- (1) 将一定成分的金属材料置于坩埚中，盖好后放入箱形炉中加热。
- (2) 首先将电炉加热到 500 ~ 600℃，关闭电源，然后将坩埚放入炉中加热，放好后再接通电源，使炉温保持在 500℃ 左右加热 40min，待金属材料完全熔化，再关闭电源，从炉中取出坩埚置于工作台上，用铁棒搅拌金属液体并除去液体金属表面的浮渣，然后小心地在坩埚中心的圆孔中插入水银温度计，待水银温度计所指示的温度为液态金属的温度时，关闭电源，温度降低。当水银温度计所指示的温度开始下降时，此时开始测定温度。

(3) 每一小组 3~4 人, 小组成员分工: 一人掌握时间, 一人观察温度, 两人记录。每隔半分钟测量一次温度, 并将其数字记录于表 1 中, 直到记录的温度为 150℃ 后可停止。

表 1 实验数据记录

读数次数	1	2	3	4	5	6	7	8
温度/℃								

(4) 实验完毕后, 将水银温度计置于工作台, 切忌冷风吹, 并将坩埚放回指定的地方。

(5) 每组根据实验所得的数据绘出该合金的冷却曲线, 全班将各组的冷却曲线汇总, 对其所实测的临界点进行必要的数字处理后, 并填入表 2 中, 而后绘出 Pb-Sn 二元合金状态图。

表 2 不同成分 Pb-Sn 合金的临界温度

合金号	成分		开始结晶温度/℃	结晶终止温度/℃
	Pb	Sn		
1				
2				
3				
...				

五、实验报告要求

- (1) 明确本次实验的实验目的;
- (2) 简述热分析原理及装置;
- (3) 写出实验结果及并对其进行分析 (绘出本组的冷却曲线, 注明临界点, 汇总各组的临界点, 以温度—成分为坐标绘出完整的二元合金状态图)。

六、思考题

- (1) 状态图上的各点线区的意义, 用相律判断建立的状态图的正确性。
- (2) 对本组所测定的冷却曲线的准确性进行分析, 并说明该合金的结晶过程。
- (3) 写出本次实验的心得体会。

实验四 铁碳合金平衡组织、性能及用途分析

一、实验目的

- (1) 熟悉金相显微镜的基本结构和原理, 掌握其使用方法;
- (2) 观察和识别铁碳合金 (碳钢及白口铸铁) 在平衡状态下的显微组织;
- (3) 进一步了解 Fe-Fe₃C 相图在铁碳合金组织分析中的应用;
- (4) 分析成分 (含碳量) 对铁碳合金显微组织的影响, 加深理解成分、组织与性能及用途之

间的关系；

(5) 能够根据显微组织的特征估计亚共析钢中碳的质量分数。

二、实验仪器设备及材料

- (1) XDJ-200 型金相显微镜, XJB-1 型金相显示镜, XJP-100 型金相显微镜;
- (2) 铁碳合金平衡显微组织试样一套;
- (3) 观察试样所对应的图谱一套。

三、实验内容概述

(一) 金相显微镜的基本结构、原理及使用方法 (以 XJB-1 型金相显微镜和 XJP-100 型金相显微镜为例)

1. 金相显微镜的基本原理

金相显微镜的成像原理是利用一组透镜即物镜将试样的组织第一次放大, 再用另一组透镜即目镜将第一次放大的像再次放大, 就可以获得更高放大倍数的显微组织即我们所看到的组织, 放大成像原理如图 1 所示。所以, 显微镜的放大倍数 M 指物镜放大倍数 M_1 和目镜放大倍数 M_2 的乘积。

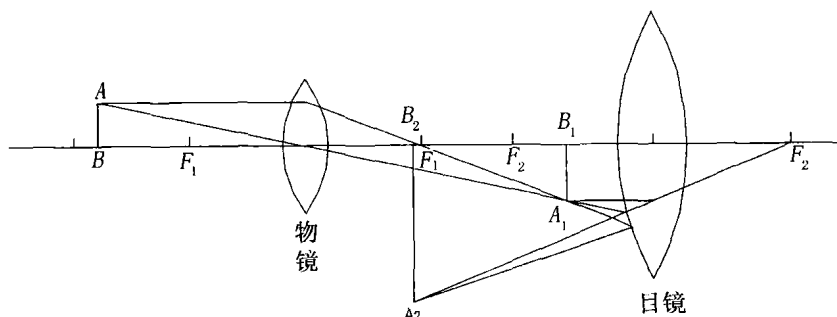


图1 光学显微镜放大成像原理

2. 金相显微镜的基本结构

金相显微镜的种类和形式很多, 主要有台式、立式和卧式三大类。但它们的基本结构都大致相同, 通常由光学系统、照明系统和机械系统三大系统组成。XJB-1 型金相显微镜的光学系统及外形结构如图 2。

(1) 光学系统: 由灯泡发出的光线经聚光镜及反光镜聚焦到孔径光栏, 再经过聚光镜组聚集到物镜的后焦面, 最后经物镜平行均匀的照射到试样表面。从试样表面反射回来的光线经物镜组和辅助透镜由半反射透镜转向, 经过辅助透镜及棱镜组形成一个倒立放大的实像, 该像再经过目镜第二次放大, 就是我们在目镜中看到的放大的组织图。

(2) 照明系统: 由底座内变压系统或变压器、小灯泡 (6V20W)、聚光镜、反光镜、电源开关、光亮度调节钮和孔径光栏等组成。

(3) 机械系统: 载物台: 用于放置金相试样, 其与下面托盘之间有四方导架, 中间夹有黏性油, 可使载物台沿任意方向移动 (移动范围约 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$)。

物镜转换器: 转换器呈球面型, 上有三个螺孔用于安装不同放大倍数的物镜。

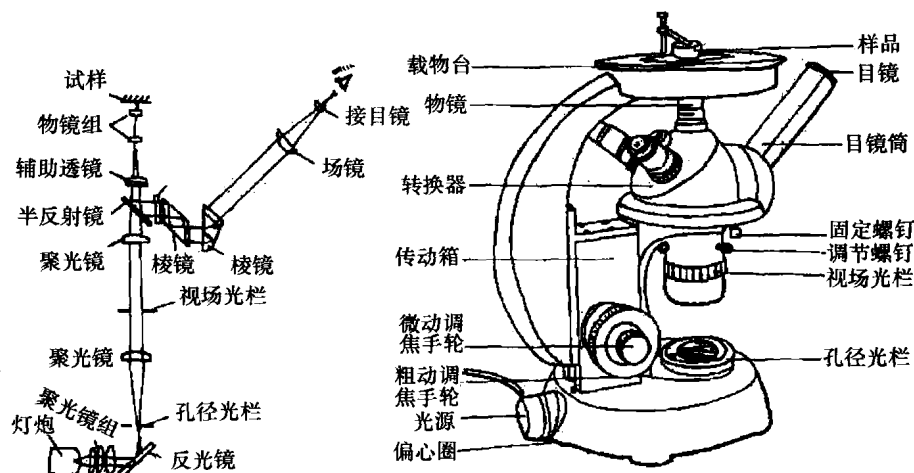


图2 XJB-1型金相显微镜的光学系统及外形结构

调焦手轮：微调焦手轮和粗调焦手轮共轴的安装传动箱的两侧。旋转粗调焦手轮能使物镜转换器迅速上升或下降，达到粗略调焦的目的。微调焦手轮通过多级齿轮传动机构，使物镜作缓慢升降运动，达到精确调焦的目的。

目镜镜筒：目镜筒成45度倾斜用固定螺钉固定在半球形座上，用于安装物镜，便于操作者观察。

孔径光阑：用以调节射向物镜的入射光束的粗细。一般调节到物象最清晰及使人感到舒适为原则，约为3~5mm。在更换物镜后必须重新调节孔径光阑。

视场光阑：用以调节视场大小。一般调节到其边缘正好与目镜视场内切或外切。

3. 金相显微镜的使用方法

(1) 根据观察试样所需的放大倍数要求，正确选取物镜和目镜，分别安装在物镜转换器上和目镜筒内；

(2) 接通电源，将侧面光亮度调节钮置于光亮度最低位置，再打开电源开关；

(3) 调节载物台中心与物镜中心对齐，将制备好的试样观察表面朝下放在载物台中心；

(4) 转动粗调焦手轮，使物镜转换器缓慢上升或使载物台缓慢下降，眼睛从下往上观察，使试样观察表面和物镜尽可能的接近，但不能接触，然后反向转动粗调焦旋钮，眼睛在目镜中可以看到模糊的图像时，立即停止粗调焦手轮，转动微调焦手轮，直至图像最清晰为止；

(5) 适当调节孔径光阑和视场光阑，选用合适的滤色片，以获得最理想的图像；

(6) 两手张开按住载物台的支架，用拇指和食指前后左右移动载物台，观察试样的不同部位，以便全面分析并找到最具代表性的显微组织；

(7) 观察完毕后应及时切断电源，以延长灯泡使用寿命。

4. 金相显微镜的主要参数

(1) 光学镜筒长度：物镜的后焦点到目镜前焦点之间的距离，一般为160mm，标在物镜上。

(2) 放大倍数：直接标在物镜或目镜上，与透镜的焦距和光学镜筒的长度有关。放大倍数越大焦距越短，所以一般高倍的物镜焦距都比较短，调焦时必须注意。

(3) 数值孔径：其大小表示物镜的聚光能力，数值孔径大的镜的聚光能力就强，从试样上反射进入物镜的光线就多，从而可提高物镜的鉴别能力。其值直接标在物镜上，如0.25（8倍）、0.65（40倍）。