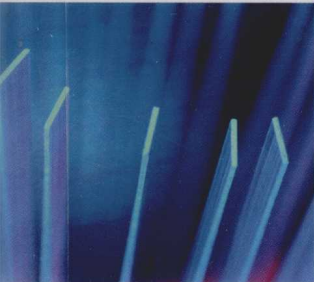


21 世纪物理实验丛书

材料物理 实验教程

吴开明 李云宝 主编



CAILIAO
WULI
SHIYAN
JIAOCHENG



科学出版社

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书共分三篇,主要包括金相实验技术、电子显微分析技术、X射线及物相鉴定、材料力学与物理性能测试、材料微观组织的三维分析与表征、EBSD技术在材料微观组织分析中的应用、中子衍射在材料微观组织分析中的应用、材料相变过程及物理性能的计算机模拟等内容。每一篇由基本原理、样品制备、实验内容与步骤、实验注意事项、思考题等组成,简要介绍了材料物理专业中传统和新近发展的实验技术、实验原理和实验方法。

本书的读者对象为理工院校材料物理专业的本科生、研究生、工程实验技术人员及科研人员。

图书在版编目(CIP)数据

材料物理实验教程/吴开明,李云宝主编. —北京:科学出版社,2012.5

21世纪物理实验丛书

ISBN 978-7-03-034023-8

I. 材… II. ①吴… ②李… III. 材料科学:物理学-实验-高等学校-教材
IV. TB303-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 067286 号

责任编辑:曾 莉/责任校对:董艳辉 安 凌

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:B5(720×1000)

2012年4月第 一 版 印张:17 3/4

2012年4月第一次印刷 字数:347 000

定价:31.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

材料的发展史是人类文明史的一部分,人们习惯以当时出现并广泛使用的材料作为划分历史的标志,如将人类历史划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代等。今天,人类已进入了高度文明的时代,但材料仍然是人类赖以生存和发展的基础。20 世纪 70 年代,人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。20 世纪 80 年代,以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志,这都说明材料在人类社会进步和发展过程中占有举足轻重的地位。

材料物理学是物理学和材料学的一门交叉学科。随着物理学与材料学的迅猛发展,材料物理学的范围不断扩大,内容不断加深。尤其是随着材料学的发展,各种各样的新型材料大量出现,并应用于我们的生产和生活之中,这使得材料物理学的知识变得丰富而且更加重要。材料物理学作为一门以实验为主的学科,材料物理专业实验相应地也变得日益重要。

材料物理专业实验涉及面极广,它旨在利用材料学与物理学中的一些基本原理和知识来阐明材料的合成、结构、性能和表征。当前各高等学校的材料物理专业实验一般都有本校的实验课程。由于各自研究领域和研究特色以及发展情况各不相同,学生所做的专业实验也千差万别。通过多年的教学实践和调查研究,我们试图编写一本材料物理专业实验教程。它既考虑到材料物理专业实验教程的基础性与通用性,又考虑到材料物理领域一些新实验技术的出现;它既考虑到学校材料物理的行业特色,也要兼顾相关行业的需要;它还考虑到不同层次学校和读者的需要。因此,我们对其进行了不同层次的模块设计。

本书共分三篇。第一篇为基础篇,主要为金相实验技术、电子显微分析、X 射线衍射及其物相分析、材料的力学性能、材料的物理性能。第二篇为提高篇,主要为金属材料、薄膜材料、磁性材料、高分子材料、纳米材料。第三篇为特色篇,主要为材料微观组织的三维分析与表征、EBSD 技术在材料微观组织分析中的应用、材料相变过程及物理性能的计算机模拟、中子衍射在材料微观结构分析中的应用。通过上述方面的实验与学习,可以较全面地掌握材料的合成、结构、性能和表征等基本实验方法与实验技能,进一步加深与巩固对材料物理学等相关课程的基础理论的理解与掌握。通过本课程的学习,可以为研究、开发和创制新材料提供必要的实验技术与实验技能。

为了让读者了解材料物理的实验方法,同时了解材料物理的最新发展,在介绍实验方法的同时,也适当介绍材料物理领域的一些新近进展。为了方便读者学习、

阅读和查阅英文文献,书中对于重要的名词与术语给出了中英文对照。为了便于读者进一步学习与研究相关的实验方法,书中给出了进一步阅读的文献和参考资料。本书既可作为材料科学与工程类专业本科生与研究生的教材或参考书,也可供材料科学与工程领域的大专院校教师和科技工作者参考。

本书的第一篇由彭顺金、黄刚、侯廷平、季玲玲、王辉编写,第二篇由李云宝、张莉芹、张仁刚、王登金、刘宏玉编写,第三篇由吴开明、侯廷平编写。尽管编者在编写的过程中努力注意概念准确和理论正确,但由于水平与能力所限,难免有疏漏和错误之处,诚恳希望读者给予批评指正。

编 者
武汉科技大学
2011年1月23日

目 录

第一篇 基 础 篇

第一章 金相实验技术	1
第一节 前言.....	1
第二节 基本原理概述.....	1
第三节 最新进展.....	2
第四节 相关实验.....	3
实验一 金相显微镜的使用	3
实验二 金相试样的制备	7
实验三 铸铁的显微组织分析	12
实验四 非金属夹杂物的金相分析	14
第二章 电子显微分析	19
第一节 前言	19
第二节 基本原理概述	20
第三节 最新进展	21
第四节 相关实验	23
实验一 全珠光体钢扫描电镜组织观察	23
实验二 含 Mo 钢中碳化物的析出行为的透射电镜研究	26
实验三 原子力显微镜	30
第三章 X 射线衍射及其物相分析	34
第一节 前言	34
第二节 X 射线衍射基本原理概述	38
第三节 最新进展	44
第四节 相关实验	47
实验一 X 射线衍射技术.....	47
实验二 单物相定性分析.....	50
实验三 多晶混合物相定性分析	54
实验四 晶体衍射线的指标化	57
实验五 晶体晶粒大小和晶格畸变的测定.....	64

第四章 材料的力学性能	67
第一节 前言	67
第二节 基本原理概述	67
第三节 最新进展	68
第四节 相关实验	70
实验一 拉伸实验	70
实验二 压缩实验	76
实验三 扭转实验	80
实验四 金属材料的硬度测量	83
第五节 冲击实验	86
第五章 材料的物理性能	90
第一节 前言	90
第二节 基本原理概述	90
第三节 最新进展	97
第四节 相关实验	101
实验一 固体导热系数的测量	101
实验二 冷却法测量金属的比热容	108
实验三 电导率仪测溶液的电导率	111
实验四 铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线	113
实验五 核磁共振	119

第二篇 提高篇

第六章 金属材料	124
第一节 前言	124
第二节 基本原理概述	124
第三节 最新进展	127
第四节 相关实验	132
实验一 铁碳平衡组织观察分析	132
实验二 磁性法测定钢中残余奥氏体量	138
实验三 过冷奥氏体等温转变曲线的测定	141
实验四 奥氏体晶粒大小的测定	144
实验五 钢的淬透性测量	148
实验六 用简易膨胀仪测定钢的临界点	152
第七章 薄膜材料	156
第一节 前言	156
第二节 发展概述	156

第三节 最新进展	156
第四节 相关实验	157
实验一 溅射沉积金属薄膜	157
实验二 金属薄膜退火处理	159
实验三 半导体光学带隙测定	160
实验四 椭圆偏振仪测厚度与折射率	163
实验五 半导体电学性质测量	167
第八章 磁性材料	172
第一节 前言	172
第二节 发展概况	172
第三节 最新进展	173
第四节 相关实验	174
实验一 用磁天平测量弱磁材料的磁化率	174
实验二 强磁性材料磁性参数的测量	178
实验三 磁致伸缩系数测量	183
实验四 磁电阻效应实验	185
第九章 高分子材料	191
第一节 前言	191
第二节 功能高分子材料分类、功能设计原理与方法	191
第三节 最新进展	193
第四节 相关实验	215
实验一 甲基丙烯酸甲酯本体聚合	215
实验二 甲基丙烯酸甲酯的悬浮聚合	217
实验三 醋酸乙烯酯乳液聚合	218
第十章 纳米材料	222
第一节 前言	222
第二节 基本原理概述	222
第三节 最新进展	223
第四节 相关实验	224
实验一 氢等离子体直流电弧法制备纳米镁粒子	224
实验二 纳米催化剂电弧法制备碳纳米管	226
实验三 微波辅助加热法制备碳纳米管负载磁性纳米镍粒子	228
实验四 物理气相热蒸发法制备 Ga_2O_3 纳米晶须	229
实验五 四脚状纳米氧化锌晶须的制备	231

第三篇 特 色 篇

第十一章 材料微观组织的三维分析与表征	234
第一节 前言.....	234
第二节 基本原理概述.....	234
第三节 最新进展.....	235
第四节 相关实验.....	236
实验一 晶界铁素体的三维分析与表征	236
实验二 晶内铁素体的三维分析与表征	249
第十二章 EBSD 技术在材料微观组织分析中的应用	252
第一节 前言.....	252
第二节 基本原理概述.....	252
第三节 最新进展.....	254
第四节 相关实验.....	255
实验一 晶内铁素体的 EBSD 分析	255
第十三章 材料相变过程及物理性能的计算机模拟	261
第一节 前言.....	261
第二节 基本原理概述.....	261
第三节 最新进展.....	262
第四节 相关实验.....	264
实验一 钢铁材料的物性参数模拟	264
实验二 钢铁材料的凝固模拟	268
第十四章 中子衍射在材料微观结构分析中的应用	272
第一节 前言.....	272
第二节 基本原理概述.....	272
第三节 最新进展.....	274

第一篇 基础篇

第一章 金相实验技术

▶▶▶ 第一节 前言

金相技术作为金属材料研究和检验手段,要追溯到 100 多年以前。索拜(Sorby)1860 年开始运用显微镜研究和检查金属内部的组织;1864 年发表了历史上第一篇金属显微组织的论文;1961 年在美国材料试验学会(ASTM)的会议上,第一次确认光学显微镜是研究和检验金属材料组织的有效手段^[1]。由于金属材料研究和发展的需要,光学显微镜、照明系统和金相试样制备方法与设备等方面都有很大的改进和发展。目前金相技术是广泛应用的材料研究和检验方法。

金相实验技术作为金属材料研究的基础,是所有金属材料的研究人员必须掌握的基本技术,也是金属材料 and 热处理专业相关的工作人员、检验人员和学生需要掌握的基本技术。本章将简要介绍金相实验技术的基本内容和实验方法。

▶▶▶ 第二节 基本原理概述

金属的物理性质和机械性质与其内部组织相关,因此分析材料的微观组织(microstructure)对于质量控制、品质保证、新材料新设备的研发以及失效分析有至关重要的作用。使用金相方法可以检查金属的内部结构与组成、晶粒大小、非金属夹杂物及其分布等情况。观察到的金属及合金的内部结构以及具体形态有马氏体、奥氏体、铁素体、珠光体、渗碳体、贝氏体和魏氏体组织等^[2]。为了得到最好的金相图像,对于不同的材料和组织,实验过程中有不同的要求和操作技巧^[3]。金相实验的主要方法一般如下:

(1) 试样制备。根据实验的目的和要求,在合适的部位,沿着正确的方向截取适当大小的样品,一般面积小于 4 cm^2 ,厚度 $1.5\sim 2.0\text{ cm}$ 为宜。棒材多选用 $\phi 10\times 15\text{ mm}$ 的试样,小试样或不规则的试样还需要镶嵌。

(2) 试样的研磨。将准备好的试样,先在粗砂纸上磨平,当磨痕均匀一致后,即移至细一级的砂纸上继续磨,从粗砂纸到细砂纸,试样须转 90° 与旧磨痕成垂直方向。

(3) 抛光。经预磨后的试样,依次在抛光机上进行粗抛光和精抛光,直到试样

上的磨痕完全除去而表面像镜面为止。

(4) 试样的浸蚀。精抛后的试样,便可使用合适的浸蚀剂进行浸蚀,浸蚀时间视金属的性质、检验目的及显微检验的放大倍数而定,以能在显微镜下清晰显出金属组织为宜。试样浸蚀完毕后,须迅速用水洗净,表面再用酒精洗净,然后用吹风机吹干。

(5) 金相显微组织观察。按照操作规程在金相显微镜下观察各种试样的微观组织。

▶▶▶ 第三节 最新进展

金相实验技术作为一门相对古老的研究方法和手段,随着材料学的发展和整个社会的进步也在不断地发展进步,主要体现在试样的制备方法、显微照相技术和三维分析等几个方面^[4-6]。

制样首先是切割,切割可以依靠手动工具、电动切割机、砂轮机,甚至火焰切割机等。随着自动控制技术的进步和切割刀具的改进,现在的砂轮片切割机可以做到快速、精确、经济、切割面平整、变形小、组织不发生损伤和改变的切割有代表性的试样。对于太小的试样、形状复杂的试样、需要保护边缘的试样、多孔的试样、有裂纹的试样,或需要有一定标准尺寸或形状的试样可用镶嵌的方法将试样进行镶嵌,以便于用手或在试样座里进行研磨和抛光。热镶嵌的方法将需镶嵌的试样放入一定尺寸和形状的模具,用树脂在加热状态,将试样镶嵌在树脂里,这种实验方法要用一台热镶样机来进行,而且每次能镶 1~2 个试样,耗时比较少,只需要几分钟。对于热敏材料的镶嵌、具有孔隙的粉末冶金试样和有裂纹的试样,可用冷镶机进行镶样,冷镶嵌可进行大批量镶样,不需固定设备,仅需冷镶树脂和模具即可,但耗时长,需要几个小时。

在 20 世纪 90 年代前,金相试样一般都用碳化硅或氧化铝磨料的金相砂纸来进行研磨,一般砂纸研磨消耗较大,且磨样的质量较差,从粗到细要更换 5~6 种砂纸,时间约 10~15 min;尤其大面积的试样,耗时更长。现在出现的新型研磨/抛光设备,可自动按设定的程序完成研磨/抛光各道工序,将制样质量提高到新的水平。可同时研磨/抛光 6~12 个试样,大大节省制样成本和时间,同时研磨/抛光质量高,而且通过合适的设定还可以实现定量研磨/抛光。

随着计算机技术的飞速发展,显微照相技术和定量金相分析技术得到了快速的发展。将计算机与高质量的 CCD 摄像头连接在一起,通过专用软件,可以直接将显微镜中所观察到的材料组织结构摄取到计算机中,具有速度快、清晰度高、可以直接进行图像处理等特点,相对以前的胶片照相方式大大提高了工作效率和照片质量。最新的将精密步进电机与金相显微镜集成,采用多层连续拍摄,然后使用专用软件融合的技术,可以克服金相显微镜景深小的缺点,在高倍工作条件下也能

得到高质量的全景清晰照片。

同时随着计算机和软件的发展,计算机定量金相分析正逐渐成为人们分析研究各种材料,建立材料的显微组织与各种性能间定量关系,研究材料组织转变动力学等的有力工具。采用计算机图像分析系统可以很方便地测出特征物的面积百分数、平均尺寸、平均间距、长宽比等各种参数。同时由二维金相试样磨面或薄膜的金相显微组织的测量和计算可以确定合金组织的三维空间形貌,确定特征物的三维空间形态、数量、大小及分布,建立合金成分、组织和性能间的定量关系,并与材料的机械性能建立内在联系,为更科学地评价材料、合理地使用材料提供可靠的数据。本书第十一章将专门介绍金相技术和计算机结合进行材料微观组织的三维分析的方法。

▶▶▶ 第四节 相关实验

实验一 金相显微镜的使用

一、实验目的

- (1) 了解金相显微镜的基本原理和构造。
- (2) 掌握金相显微镜正确的使用方法。

二、实验器材

金相显微镜、无水酒精、制备好的观察试样。

三、实验原理

利用肉眼或放大镜观察分析金属材料的组织和缺陷的方法称为宏观分析。为了研究金属材料的细微组织和缺陷,可采用显微分析。显微分析是利用放大倍数较高的金相显微镜观察、分析金属材料的细微组织和缺陷的方法。一般金相显微镜的放大倍数是 50~1000 倍,金属颗粒的平均直径在 0.1~0.001 mm 范围内,正是借助于金相显微镜可看其轮廓的范围,故显微分析是目前金属生产检验与科学研究的主要方法之一。

为了能观察到真实而又清晰的显微组织,首先要了解金相显微镜的构造与使用。研究金属显微组织的光学显微镜称为金相显微镜,金相显微镜不同于生物显微镜。生物显微镜是利用透射光来观察透明的物体,而金相显微镜是利用反射光将不透明物体放大来进行观察。

1. 显微镜的基本原理

最简单的显微镜可以仅由两个透镜组成。图 1.4.1 所示为金相显微镜成像的

光学原理示意图。图中 AB 为被观察的物体,对着被观察物体的透镜叫物镜;对着人眼的透镜叫目镜。物镜使物体 AB 形成放大的倒立实像 $A'B'$,目镜再将 $A'B'$ 放大成仍然倒立的虚像 $A''B''$,其位置正好在人眼的明视距离(约 250 mm)处,在显微镜中所观察的就是这个虚像 $A''B''$ 。

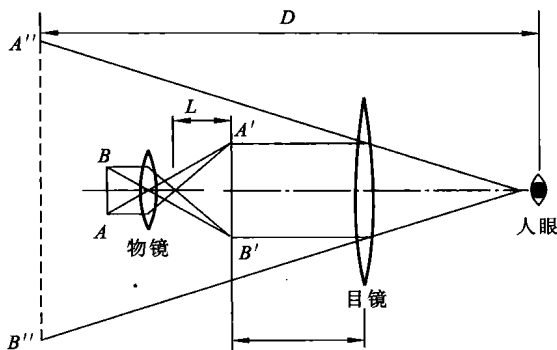


图 1.4.1 显微镜成像的光学原理示意图

(1) 显微镜的放大倍数。放大倍数 M 由下式确定:

$$M = M_{\text{物}} \times M_{\text{目}} = \frac{L}{f_{\text{物}}} \cdot \frac{D}{f_{\text{目}}} \quad (1.4.1)$$

式中, M 为显微镜总放大倍数; $M_{\text{物}}$ 为物镜的放大倍数; $M_{\text{目}}$ 为目镜的放大倍数; $f_{\text{物}}$ 为物镜的焦距; $f_{\text{目}}$ 为目镜的焦距; L 为显微镜的光学镜筒长度; D 为明视距离 (250 mm)。

由式(1.4.1)可知, $f_{\text{物}}$ 、 $f_{\text{目}}$ 越短或 L 越长, 则显微镜的放大倍数越大。

(2) 物镜的鉴别率。物镜的鉴别率是指物镜能清晰分辨试样最小距离的能力。物镜鉴别率的计算公式为

$$d = \frac{\lambda}{2A} \quad (1.4.2)$$

式中, d 为物镜的鉴别率; λ 为入射光源的波长; A 为物镜的数值孔径, 它表示物镜的聚光能力。

由公式可知, 波长 λ 越短, 数值孔径 A 越大, 则鉴别能力就越高 (d 越小), 在显微镜中就能看到更细微的部分。数值孔径 A 可由下列公式求出:

$$A = \eta \sin \varphi \quad (1.4.3)$$

式中, η 为物镜与物体之间介质的折射率; φ 为物镜孔径角的一半, 即通过物镜边缘的光线与物镜轴线所成的角度。

η 越大或物镜孔径角越大, 则数值孔径越大, 由于 φ 总是小于 90° , 所以在空气介质 ($\eta=1$) 中使用时, 数值孔径 A 一定小于 1, 这类物镜称干系物镜。当物镜上面滴有松柏油介质 ($\eta=1.52$) 时, A 值最高可达 1.4, 这就是显微镜在高倍观察时用的油浸系物镜。每个物镜都有一个设计额定的 A 值, 刻在物镜体上。

(3) 显微镜的有效放大倍数。由 $M = M_{\text{目}} \times M_{\text{物}}$ 知,显微镜的同一放大倍数可由不同倍数的物镜和目镜来组合。如 45 倍的物镜乘以 10 倍的目镜或者 15 倍的物镜乘以 30 倍的目镜都是 450 倍。对于同一放大倍数,如何合理选用物镜和目镜呢? 应先选物镜,一般原则是使显微镜的放大倍数在该物镜数值孔径的 500~1000 倍,即 $M = 500A \sim 1000A$ 。这个范围称为显微镜的有效放大倍数范围,若 $M < 500A$,则未能充分发挥物镜的鉴别率 d ;若 $M > 1000A$,则形成“虚伪放大”,组织的细微部分将分辨不清。待物镜选定后,再根据所需的放大倍数选用目镜。

(4) 景深,即垂直鉴别率,反映了显微镜对于高低不同的物体能清晰成像的能力。

$$\text{景深} = \frac{1''}{7M \sin R} + \frac{\lambda}{2n \sin R} \quad (1.4.4)$$

式中, M 为放大倍数; R 为半孔径角; λ 为波长; n 为介质折射率。

由式(1.4.4)可知, n 、 R 越大,景深越小;当物距增加时,景深也会增加。在进行断口分析时,为获得清晰的断口凹凸图像,景深不能太小。

(5) 透镜的几何缺陷。单色光通过透镜后,由于透镜表面呈球形,光线不能交于一点,则使放大后的像模糊不清,此现象称球面像差。可通过制造物镜时采用不同透镜组合进行校正,或者调整孔径光阑,适当控制入射光束等办法降低球面像差。多色光通过透镜后,由于折射率不同,使光线不能交于一点也会造成图像模糊,此现象称色像差。可通过物镜进行校正或采用滤色片获得单色光的办法降低色像差。

2. 显微镜的构造

金相显微镜类型很多,各种类型又有许多不同的型号,但基本构造大致相同。现以 XJB-1 型金相显微镜(图 1.4.2)为例介绍显微镜的构造。金相显微镜通常由光学系统、照明系统和机械系统三大部分组成,有的显微镜还附有摄影装置。

XJB-1 型显微镜的光学系统如图 1.4.3 所示。由灯泡 1 发出的光线经聚光透镜组 2 及反光镜 8 聚集到孔径光阑 9,再经过聚光镜 3 聚集到物镜的后焦面,最后通过物镜平行照射到试样 7 的表面上,从试样反射回来的光线又经过物镜组 6 和辅助透镜 5,由半反射镜 4 转向,经过辅助透镜 11 以及棱镜 12、13 造成

一个被观察物体的倒立的放大实像,该像再经过物镜 14 的放大,就成为在目镜视场中能看到的放大影像。视场光阑 10 可以控制视场范围。

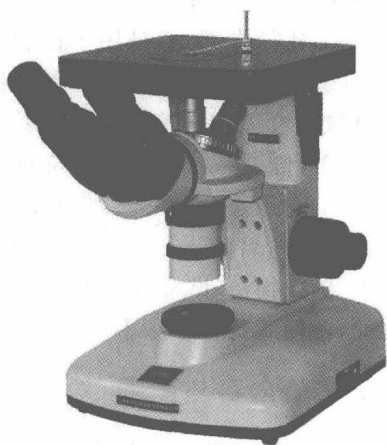


图 1.4.2 XJB-1 型金相显微镜

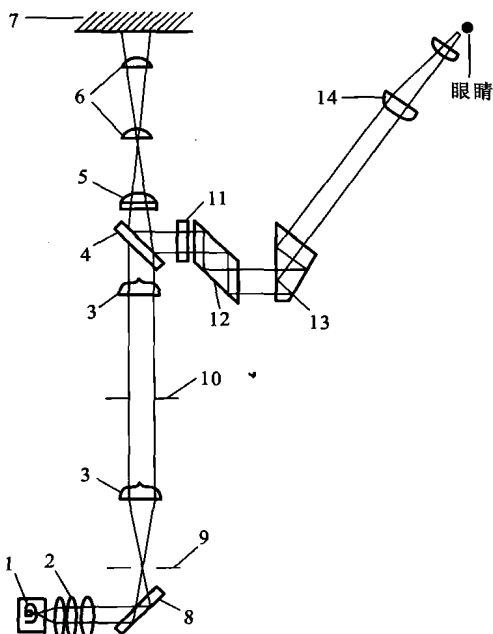


图 1.4.3 XJB-1 型金相显微镜的光学系统

1 灯泡; 2 聚光透镜组; 3 聚光镜; 4 半反射镜; 5 辅助透镜; 6 物镜组; 7 试样;
8 反光镜; 9 孔径光阑; 10 视场光阑; 11 辅助透镜; 12、13 棱镜; 14 物镜

(1) 照明系统: 由电源(220 V)经变压器(6~8 V)使灯泡(6~8 V、15 W)发光作为光源。还有聚光镜、孔径光阑、视场光阑等装置, 组成显微镜的照明系统。

① 孔径光阑: 它是用于控制入射光束的粗细, 以保证物像达到清晰的程度。

② 视场光阑: 它的作用是控制视场范围, 使目镜中视场明亮而无阴影。在刻有直纹的套圈上还有两个调节螺钉, 用来调整光阑中心。

(2) 机械系统及其他各部件:

① 调焦装置: 在显微镜体两侧有粗调和微调旋钮。随粗调旋钮的转动, 支撑载物台的弯臂作上下移动。微调旋钮使其沿滑轨缓慢移动。

② 载物台(试样台): 用于放置金相试样。载物台和下面托盘之间有导轨, 用手推动, 可使载物台在水平面上作一定范围的十字定向移动, 以改变试样的观察部位。

四、实验内容与步骤

金相显微镜是一贵重精密光学仪器, 使用时要细心谨慎。实验前先准备好待使用的样品, 可使用统一的练习观察样品, 也可根据要求制备样品。

(1) 先将显微镜的插头接通合适的电源。根据放大倍数选用所需物镜和目镜, 分别安装在物镜座及目镜筒上, 先用低倍看全视场, 再用高倍。

(2) 将试样放在载物台中心, 使观察面朝向物镜, 倒立式显微镜使观察面朝

下,正立式显微镜使观察面向上。

(3) 用双手旋转粗调旋钮,将载物台降下,使样品靠近物镜,但不接触(物镜 $50\times$ 距离约 0.7 mm ; $20\times$ 距离约 2 mm ; $10\times$ 距离约 10 mm)。然后边观察目镜边用双手旋转粗调旋钮,使载物台慢慢上升,当视场亮度增强时改用微调手轮调节,再旋转微调旋钮,直至图像清晰为止。

(4) 适当调节孔径光阑和视场光阑,以获得最佳质量的物像。

(5) 如果金相显微镜还附有拍照装置,可练习拍摄金相照片。

五、注意事项

(1) 操作时要细心,动作要轻微。

(2) 仪器应避免强烈震动或撞击,以防止光学零件损伤及影响精度。

(3) 保持仪器清洁,严禁油手或汗手触及光学零件,使用完毕后做好清洁。

(4) 注意显微镜的灯炮的使用电压,严禁插错电源。

(5) 在旋转聚焦旋钮时,动作要慢,碰到阻碍时立即停止操作,并报告老师处理。

(6) 使用完毕,关闭电源,将显微镜恢复到使用前状态,经老师检查后,方可离开。

六、思考题

(1) 怎样根据观察样品选择目镜和物镜的倍数?

(2) 金相显微镜研究材料微观组织有什么局限性?

(3) 怎样才能最好地发挥显微镜的作用?

实验二 金相试样的制备

一、实验目的

(1) 学习金相试样的制备方法。

(2) 会使用金相显微镜对制备试样进行检查和分析。

二、实验器材

金相显微镜、砂轮机、预磨机、抛光机、吹风机、不同粗细的金相砂纸、抛光剂、浸蚀剂、无水酒精、待制备的金属。

三、实验原理

金相试样的制备包括取样、镶嵌、磨制、抛光、浸蚀五个步骤。制备好的试样应能观察到真实组织、无磨痕、麻点与水迹,并使金属组织中的夹杂物、石墨等不脱

落。否则将会严重影响显微分析的正确性。

1. 取样

取样的部位和检验面的选择应根据检验目的选取有代表性的部位。例如,分析金属的缺陷和破损原因时,应在发生缺陷和破损部位取样,同时也应在完好的部位取样,以便对比;检测脱碳层、化学热处理的渗透层、淬火层、晶粒度等,应取横向截面;研究带状组织及冷塑性变形工件的组织及夹杂物的变形情况时,则应截取纵向截面;研究夹杂物类型、形状、变形程度、带状组织时应纵向取样;对一般热处理后的样品,由于组织均匀,可任意取样。

试样的截取方法可根据金属材料的性能不同而异。对于软材料,可以用锯、车、刨等方法;对于硬材料,可以用砂轮切片机切割或电火花切割等方法;对于硬而脆的材料,如白口铸铁,可以用锤击方法;在大工件上取样,可用氧气切割等方法。在用砂轮切割或电火花切割时,应采取冷却措施,以减少由于切割发热而引起的试样组织的变化。试样上由于截取而引起的变形层或烧损层必须在后续工序中去掉。金相试样的大小和形状以便于握持、易于磨制为准,通常采用直径 $\Phi 15\sim 20\text{ mm}$ 、高 $15\sim 20\text{ mm}$ 的圆柱体或棱长 $15\sim 20\text{ mm}$ 的立方体。

2. 镶嵌

当试样的尺寸太小或形状不规则时,如细小的金属丝、片、小块状,或要进行边缘观察时,可将其镶嵌或夹持,如图 1.4.4 所示。

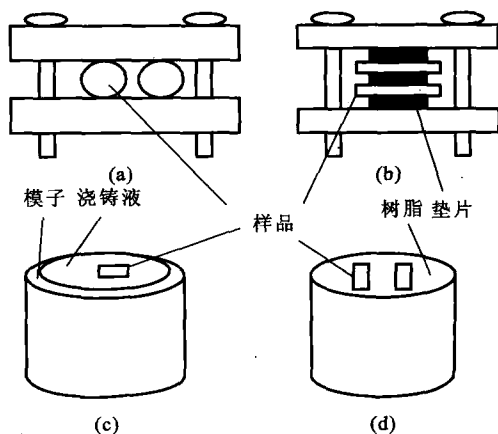


图 1.4.4 金相样品的镶嵌方法

(a)、(b) 机械夹持; (c) 冷镶嵌; (d) 热镶嵌

(1) 热镶嵌。用热凝树脂(如胶木粉等)在镶嵌机上进行。适应于在低温及不大的压力下组织不产生变化的材料。

(2) 冷镶嵌。用树脂加固剂(如环氧树脂和胺类固化剂等)进行,不需要设

备,在模子里浇铸镶嵌。该法适应于不能加热及加压的材料。

(3) 机械夹持。通常用螺丝将样品与钢板固定,样品之间可用金属垫片隔开,也适应于不能加热的材料。

3. 磨制

直接取下的试样,如是钢铁材料可先用砂轮磨平,如是很软的材料(如铝、铜等有色金属)可用锉刀锉平。在砂轮上磨制时,应握紧试样,使试样受力均匀,压力不要太大,并随时用水冷却,以防受热引起金属组织变化。此外,在一般情况下,试样的周界要用砂轮或锉刀磨成圆角,以免在磨光及抛光时将砂纸或抛光织物划破。但是,对于需要观察表层组织(如渗碳层、脱碳层)的试样,则不能将边缘磨圆,这种试样最好进行镶嵌。

磨平或镶嵌好的试样经清水冲洗并吹干后,随即把磨面依次在由粗到细的各号金相砂纸上磨光。常用的砂纸有 120[#]、150[#]、240[#]、400[#]、600[#]、800[#]、1200[#]、1500[#] 等,标号小者磨粒较粗,标号大者磨粒较细。磨制时砂纸应平铺于厚玻璃板上,左手按住砂纸,右手握住试样,使磨面朝下并与砂纸接触,在轻微压力作用下把试样向前推磨,用力要均匀,务求平稳,否则会使磨痕过深,且造成试样磨面的变形。试样退回时不能与砂纸接触,这样“单程单向”地反复进行,直至磨面上旧的磨痕被去掉,新的磨痕均匀一致为止。再调换下一号更细的砂纸时,应将试样上磨屑和砂粒清除干净,并转动 90°,使新、旧磨痕垂直。

金相试样的磨光除了要使表面光滑平整外,更重要的是应尽可能减少表层损伤。每一道磨光工序必须除去前一道工序造成的变形层(至少应使前一道工序产生的变形层减少到本道工序生产的变形层深度),而不是仅仅把前一道工序的磨痕除去;同时,该道工序本身应尽可能减少损伤,以便进行下一道工序,最后保证能在下一道抛光工序中除去。不同砂纸磨制后表面产生的变形层如图 1.4.5 所示。

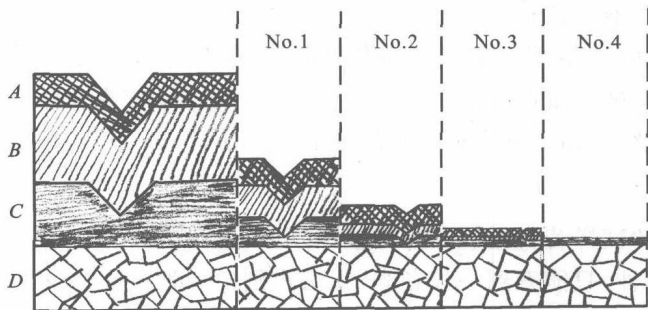


图 1.4.5 不同砂纸磨制后表面产生的变形层

磨制铸铁试样时,为了防止石墨脱落或产生曳尾现象,可在砂纸上涂一薄层石墨或肥皂作为润滑剂。磨制软软的有色金属试样时,为了防止磨粒嵌入软金属内和减少磨面的划损,可在砂纸上涂一层机油、汽油、肥皂水溶液或甘油水溶液作润