



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

工程材料实验教程

GONGCHENG CAILIAO SHIYAN JIAOCHENG

主编 徐志农

主审 唐任仲

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

工程材料实验教程

主编 徐志农

参编 周继烈 倪益华 陈培里 郑璐旦 葛康定

主审 唐任仲

华中科技大学出版社

中国·武汉

<http://www.hustp.com>

图书在版编目(CIP)数据

工程材料实验教程/徐志农 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009年4月
ISBN 978-7-5609-5188-1

I.工… II.徐… III.工程材料-实验-高等学校-教材 ② IV.TB3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 028075 号

工程材料实验教程

徐志农 主编

策划编辑:刘 锦

封面设计:潘 群

责任编辑:刘 勤

责任校对:朱 霞

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:6.25 插页:2

字数:148 000

版次:2009年4月第1版

印次:2009年4月第1次印刷

定价:12.00元

ISBN 978-7-5609-5188-1/TB·112

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本教材是在浙江大学国家级机械实验教学示范中心进行实验教学综合改革的架构上组织编写的。教材以训练学生的工程实践及应用能力为出发点,以培养综合及创新思维为目标,力求体现机械工程实验教学改革的思路。本教材以工程材料实验为主线,紧紧围绕着机械工程材料的组织、性能、特点及工程实践应用这一主题,建立新的实验教学体系,以适应学生不同阶段和不同层次的实验教学需要。

全书共分4章。第1章绪论概述了实验教学的目、要求和实验教学体系;第2章介绍了基础型、验证型和综合设计型实验项目;第3章介绍了工程材料实验的主要设备;第4章是实验报告。

本教材可作为高校机类、近机类和化工类进行工程材料实验的教材,也可供完成本科教学改革后的工科大类学生进行工程实践、工程训练时的实验辅助教材,还可供专业教师和工程技术人员参考。

序

知识来源于实践,能力来自于实践,素质更需要在实践中养成,各种实践教学环节对于培养学生的实践能力和创新能力尤其重要。一个不争的事实是,在高校人才培养工作中,当前的实践教学环节非常薄弱,严重制约了教学质量的进一步提高。这引起了教育工作者、企业界人士乃至普通百姓的广泛关注。如何积极改革实践教学内容和方法,制订合理的实践教学方案,建立和完善实践教学体系,成为高等工程教育乃至全社会的一个重要课题。

有鉴于此,“教育振兴行动计划”和“质量工程”都将国家级实验教学示范中心建设作为其重要内容之一。自2005年起,教育部启动国家级实验教学示范中心评选工作,拟通过示范中心实验教学的改进,辐射我国2000多万在校大学生,带动学生动手实践能力的提高。至今已建成219个国家级实验教学示范中心,涵盖16个学科,成果显著。机械学科至今也已建成14个国家级实验教学示范中心。应该说,机械类国家级实验教学示范中心建设是颇具成果的:各中心积极进行自身建设,软硬件水平都是国内机械实验教学的最高水平;积极带动所在省或区域各级机械实验教学中心建设,发挥辐射作用;成立国家级实验教学示范中心联席会机械学科组,利用这一平台,中心间交流与合作更加频繁,力争在示范辐射作用方面形成合力。

尽管如此,应该看到,作为实践教学的一个重要组成部分,实验教学依然还很薄弱,在政策、环境、人员、设备等方方面面还面临着许多困难,提高实验教学水平进而改变目前实践教学薄弱的现状,还有很多工作要做,国家级实验教学示范中心责无旁贷。近年来,高校实验教学的硬件设备都有较大的改善。与之相对应的是,实验教学在软的方面还亟待提高。就机械类实验教学而言,改进实验教学体系、开发创新性实

实验教学项目、加大实验教材建设这三点就成为当务之急。实验教学体系与理论教学体系相辅相成,但与理论教学体系随着形势发展不断调整相比,现有机械实验教学体系还相对滞后,实验项目还缺少设计性、创新性和综合性实验,实验教材也比较匮乏。

华中科技大学出版社在国家级实验教学示范中心联席会机械学科组的指导下,邀请机械类国家级实验教学示范中心,交流各中心实验教学改革经验和教材建设计划,确定编写这套《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》,是一件非常有意义的事情,顺应了机械类实验教学形势的发展,可谓正当其时。其意义不仅在实验教材的编写出版满足了本校实验教学的需要。更因为经过多年的积累,各机械类国家级实验教学示范中心已开发出不少创新性实验教学项目,将其写入教材,既满足本校实验教学的需要,又展示了各中心创新性实验教学项目开发成果,更为我国机械类实验教学开发提供借鉴和参考,体现了示范中心的辐射作用。

国内目前机械类实验教学体系尚未形成统一的模式,基于目前情况,“普通高等院校机械类‘十一五’实验规划教材”提出以下出版思路:各国家级实验教学示范中心依据自身的实验教学体系,编写本中心的实验系列教材,构成一个子系列,各子系列教材再汇聚成《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书。以体现百花齐放,全面、集中地反映各机械类国家级实验教学示范中心的实验教学体系。此举对于国内机械类实验教学体系的形成,无疑将是非常有益的探索。

感谢参与和支持这批实验教材建设的专家们,也感谢出版这批实验教材的华中科技大学出版社的有关同志。我深信,这批实验教材必将在我国机械类实验教学发展中发挥巨大的作用,并占据其应有的地位。

国家级实验教学示范中心联席会机械学科组组长
《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书主编



2008年9月

前言

本教程是根据教育部制定的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》中工程材料的基本要求编写的,以配合理工类非材料专业的学生学习“工程材料”课程的实验教学。本教程也可供工科大类学生在进行“工程训练”通识教学时,作为金属材料及热处理实习的教学参考用书。

本教程包括 12 个实验项目、实验报告和实验辅助知识,主要特色和创新点如下。

(1) 从材料实验教学规律和工程实践应用并重着眼,基础验证型实验和创新设计型实验构思独特,体系相对完整,内容较为丰富。既能配合“工程材料”课程理论教学和实验教学的同步进行,也能单独设为“工程材料”实验课教学运行,有利于各种教学计划的编排。实验项目类型和实验报告内容的设置合理,便于实验的有效落实。

(2) 在实验目的上,让学生注重以工程应用为背景,通过分析材料的金相组织,提高对材料科学研究的感性认识,强化实践和理论的联系,强化培养学生从基础验证能力过渡到综合设计能力,体现了认识来源于实践,经过归纳升华到理论层面后进一步指导实践的完整过程,有利于学生提高独立思考、协同工作,以及善用所学知识分析和解决问题的能力。

(3) 在基本要求上,除了掌握材料显微分析和硬度测定的方法,了解材料的成分、组织和性能之间的关系,了解材料性能与强化方法之间的关系,合理制定常用材料的热处理工艺和进行热处理操作外,强化正确选材和应用;在实验手段上,既沿用传统的金相显微镜和硬度计,又在相关实验中充分应用了计算机辅助分析等手段,进而激发学生的求知欲。

本教程由浙江大学徐志农担任主编(第 1 章,第 2.3~2.5、2.8~2.12 节,第 4 章),浙江大学周继烈(第 2.6 节,第 3.1 节)、倪益华(第 2.7 节,第 3.2 节)、陈培里(第 2.1 节)、郑璐旦(第 3.3 节,提供金相图片)、葛康定(第 2.2 节)参编。承蒙浙江大学唐任仲教授悉心审阅了本书稿,并对书稿提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示由衷感谢。

本教程的编写是在总结了本校多年的实践课程教学和教材的基础上,同时参考和借鉴了其他院校的工程材料和实验教材,基于浙江大学国家级机械实验教学示范中心的实验教学体系而编写的。

编者

2009 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 实验教学目的及要求	(1)
1.3 工程材料实验教学体系	(2)
1.4 实验方法及手段	(2)
第 2 章 工程材料实验	(4)
2.1 金相显微分析基础实验	(4)
2.2 硬度测试实验	(8)
2.3 金属的塑性变形与再结晶实验	(14)
2.4 铁碳合金平衡组织的显微分析实验	(18)
2.5 常用铸铁的显微分析实验	(21)
2.6 钢的普通热处理实验	(24)
2.7 钢的淬透性测定实验	(27)
2.8 钢经热处理后不平衡组织的显微分析实验	(29)
2.9 计算机辅助定量金相显微分析实验	(34)
2.10 非金属材料的显微组织和物性观察实验	(34)
2.11 零件的变形失效及选材综合实验	(37)
2.12 典型零件选材和热处理综合实验	(38)
第 3 章 实验辅助知识	(41)
3.1 金相显微镜	(41)
3.2 硬度计及其操作	(44)
3.3 定量显微测量基本知识	(51)
第 4 章 实验报告	(67)
“金相显微分析基础实验”实验报告	(67)
“硬度测试实验”实验报告	(69)
“金属的塑性变形与再结晶实验”实验报告	(71)
“铁碳合金平衡组织的显微分析实验”实验报告	(73)
“常用铸铁的显微分析实验”实验报告	(75)
“钢的普通热处理实验”实验报告	(77)
“钢的淬透性测定实验”实验报告	(79)
“钢经热处理后不平衡组织的显微分析实验”实验报告	(81)
“计算机辅助定量金相显微分析实验”实验报告	(83)
“非金属材料的显微组织和物性观察实验”实验报告	(85)

“零件的变形失效及选材综合实验”实验报告	(87)
“典型零件选材和热处理综合实验”实验报告	(89)
附表	(91)
参考文献	(93)

第1章

绪论

1.1 概述

材料是人类生产和生活的物质基础。工程材料是指在交通、电气、化工、船舶、航空航天等机械装备和日常民用生活器具等领域大量使用的材料。人类使用材料的种类、数量和质量不仅反映了对材料的认识程度,更体现了人类社会生产力水平的高低。随着以材料、信息和能源科学为支柱的新技术革命方兴未艾,掌握材料科学方面的实践知识,不仅对于机械工程学学科本身的发展具有重要意义,而且是人们进行知识交流,提高工程实践能力,培养具有创新意识人才的重要任务。随着国家对高等教育实践教学环节的重视,成立的各级机械工程实验教学示范中心纷纷整合本学科的实验教学内容,构成自身的实验教学体系,而工程材料实验教学往往是该体系中的一个重要环节。

工程材料实验教学体系与理论教学体系相辅相成,并随着应用需求和学科交叉不断的发展。理论课程设置,从以往的“金属材料及热处理”发展到“机械工程材料”、“工程材料”,在材料种类、性能和应用上有了相应的拓展;在实践课程设置上,从“金属材料及热处理”课程实验及“金工实习”或“工程训练”中的材料及热处理单项发展出独立的“工程材料实验”课程,使之既与理论教学有机关联,更能单独实验设课,同时实践教学中逐步增加了新材料、计算机辅助和图像处理技术等内容。此外,在实践教学层次上,从验证型和基础型实验发展出综合设计型实验,为人才培养提供了合理的层次。

为了适应不同类别机械工程实验教学中心的理论教学和实验教学计划安排,本教程既考虑了与理论教学章节进度配套的状况,又考虑实验教学单独设课的需求,以理论学习为引导,丰富实验内容,便于组合不同层次的实验教学,使之既面向机械工程学学科人才的实践教学,也适合工科大类学生通过综合工程训练的相应环节有效获取材料科学的基础知识。

1.2 实验教学目的及要求

工程材料实验教学与工程材料理论教学在内容上有着很密切的关系,但是工程材料实验

是用实验的手段来确定材料的成分、组织与性能之间的关系。

实验的作用不仅在于验证已知的现象和规律,进一步理解基本理论,更重要的是通过各种实验,掌握相应的实验技能,培养独立工作和分析问题的能力,进而培养综合创新能力。

1. 工程材料实验教学的主要目的

- (1) 在实验中还还原理论知识中涉及的概念、术语和应用对象。
- (2) 深化理论知识的学习,加深对理论知识体系的整体认识。
- (3) 了解、熟悉和掌握相关仪器、设备和装置的原理、作用及应用。
- (4) 掌握一定的实践操作技能,培养独立工作和分析问题的能力。
- (5) 培养严谨、科学、求是的作风,提高综合创新能力。

2. 工程材料实验应达到的基本要求

- (1) 了解和掌握材料的强化途径和主要方法。
- (2) 学会常用材料的金相显微分析和硬度测定方法,正确使用显微分析设备和硬度计。
- (3) 能合理地制定几种主要材料的热处理工艺,进行热处理操作。
- (4) 了解常用金属和非金属材料组织与性能鉴别方法,熟悉材料应用场合,会选材。
- (5) 既独立思考、积极主动,又富有团队合作精神。
- (6) 严谨地进行科学实验,实事求是地记录实验数据,正确地归纳、推理、分析、判断。

1.3 工程材料实验教学体系

工程材料实验教学体系是以工程材料理论课程的内核为主导,以实验方法为支撑,以实验手段为载体而建立的,图 1-1 所示为工程材料实验教学体系构架。其中每个实验基本课时的安排为 2 学时。

1.4 实验方法及手段

为了适合各类人员的实验教学,本教程所列实验项目适用于不同课时的教学计划。通过对实验项目予以合理的组合编排,可加强对理论和实验知识体系的掌握,在要求课时内达到最佳的教学效果。

要求教师以采用启发式教学的方法,设置问题,推动学生的独立思考;注重理论知识和实验现象之间的有机衔接;在实验教学中,以工程实践中典型材料的应用为范例,加深学生的工程应用意识和求知创新精神。

要求学生在进行每个实验前,必须认真阅读本教程有关内容,明确实验目的、实验内容和实验步骤;以认真负责和科学的态度进行实验,记录实验过程中的有关数据。

实验结束后,必须认真做好实验报告。实验报告中应明确:实验目的、实验依据、实验中的主要装置和材料、实验数据和实验结果分析。特别注重充分利用实验数据进行分析,以便得出正确的看法或结论。

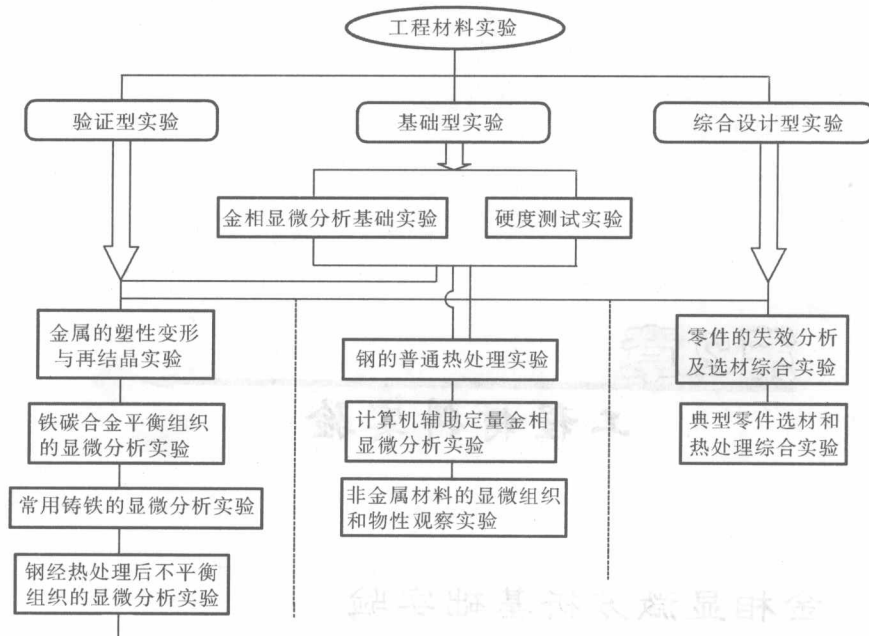


图 1-1 工程材料实验教学体系构架

由于工程材料实验是采用实验手段来确定材料的结构、成分、组织与性能之间的关系,因此,应该多采用典型构件的金属及非金属材料 and 先进的实验手段,如计算机辅助技术、图像处理技术在实验中的应用,结合有效的教学工具,提高教学效果,起到举一反三之功效。

第2章

工程材料实验

2.1 金相显微分析基础实验

2.1.1 实验目的

- (1) 学会金相试样制备,了解影响金相试样检验效果的主要因素。
- (2) 了解金相显微分析的基本原理。
- (3) 学会正确使用金相显微镜。

2.1.2 实验基本原理

一般认为用金相显微镜(在放大 100~2 000 倍下)观察、研究和分析金属及合金内部组织的方法称为金相显微分析法。在金相显微镜下观察到的金属及合金内部形态称为显微组织。金相显微分析法是研究金属材料微观组织结构最基本的一种技术,也是目前生产中主要的检验方法之一。

金相显微分析可以研究金属和合金的内部组织及其与化学成分的关系;可以确定各种金属和合金经不同加工和热处理后的组织;可检验金属和合金中非金属夹杂物与缺陷的数量和分布状况;可以测定金属和合金内部晶粒的大小。

要想观察到金属与合金真实的、清晰的显微组织,首先要把金属材料制备成符合一定要求的金相试样,其次是正确掌握金相显微镜的使用方法。

1. 金相试样

制备好的合格金相试样应当是:组织有代表性;无假象、要真实(如表面无变形层、制备过程中无组织变化、夹杂物与石墨等无脱落);表面无磨痕、麻点、锈斑及水迹等。

金相试样的制备包括取样、制成光亮平整的镜面和浸蚀等几个步骤。

1) 取样

金相试样的取样应考虑截取部位、切取的方法、检验面的选择、试样大小及试样是否要装夹或镶嵌。

截取金相试样的部位必须根据检验的目的,能表征被检验材料或零件的特点。如对事故进行分析,应在零件的破损部位截取,同时也应在远离破损处截取一参考试样,以相互比较。各种材料经过的工艺过程或处理情况不同,截取试样的部位(如表面与中心、纵剖面与横截面)也应随着变化等。

截取试样时必须采取最合适的方法,尽量避免因截割不当而引起内部组织的变化。

金相试样的大小,较合适的尺寸是 $\phi 10 \sim 15 \times 12 \sim 15$ mm 的圆柱体或边长为 12 mm 的正方体。对于形状特殊或尺寸细小的试样(如线材、薄板、切屑、锤击碎片等)可进行镶嵌或机械装夹等。图 2-1 所示为金相试样的镶嵌和装夹方法示意图。



图 2-1 金相试样的镶嵌和装夹方法

2) 制成平整光亮的镜面

为了使试样的观察表面是平整光亮的镜面,可采用磨制和抛光(如机械抛光、电解抛光和化学抛光等)来获得。

在金相显微镜下观察光亮的镜面,只能看到一片白亮,也可观察材料内部的某些夹杂物,如石墨、微裂纹、孔洞等,一般看不到内部的组织形态。

3) 浸蚀

要观察到金属和合金的组织,必须采用适当的浸蚀剂对金相试样的表面进行“浸蚀”才能显微组织真实地、充分地、细致地显示出来。

常用的浸蚀方法有化学浸蚀法、电解浸蚀法和着色浸蚀法等。

(1) 化学浸蚀法 化学浸蚀法主要是利用浸蚀剂对试样表面产生的化学与电化学作用来浸蚀试样表面的。由于金属材料各处的化学成分和组织不同,它们的原子排列情况和电极电位不同,故腐蚀的性能不同,浸蚀时各处的腐蚀速度不一样,试样表面上呈现出微观的凹凸不平,在垂直光线的照射下,光的反射程度不同,因而在金相显微镜下就能观察到试样表面各处明暗程度的不同,依此鉴别材料内部的组织。

在单相合金中,由于晶界上原子排列较不规则,具有较高的能量,所以晶界较易浸蚀,形成凹沟,对投射的光线发生漫反射。故在金相显微镜下看到黑色的晶界,如图 2-2(a)所示;同时由于各个晶粒内部原子排列的位向不同,引起腐蚀性能不一样,浸蚀后会有轻微的凹凸不平,在金相显微镜下则观察到明暗不同的晶粒,如图 2-2(b)所示。

对于两相或两相以上的合金,由于其各组成相具有不同电极电位,引起的电化学腐蚀是具有负(或低)电位的相被浸蚀而形成凹洼,具有正(或高)电位的相不受浸蚀。因此在直射光线照射下,凹凸不平的试样表面产生程度不同的反射,通过金相显微镜观察,能区别不同的组织

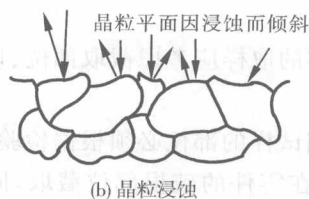
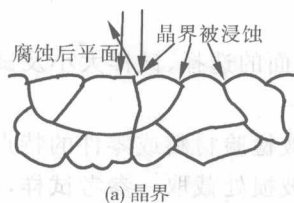


图 2-2 纯金属和单相金属浸蚀后的示意图

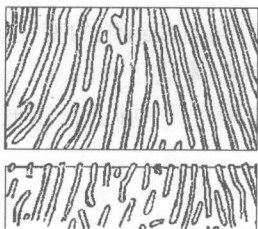


图 2-3 珠光体组织浸蚀后的示意图

和组成相。如共析钢平衡状态下的珠光体组织是铁素体基体上分布着层片状的渗碳体，而铁素体具有负电位，渗碳体为正电位，因而在正常浸蚀条件下，铁素体被腐蚀而凹下，渗碳体却未腐蚀。因此在高倍金相显微镜下观察到渗碳体四周有一圈暗线，显示出两相存在，如图 2-3 所示。

常用的浸蚀剂种类很多，应按金属材料的不同和检验目的的不同，选择恰当的浸蚀剂。常用的浸蚀剂如表 2-1 所示。

表 2-1 常用浸蚀剂

序号	浸蚀剂名称	成分	适用范围	注意事项
1	硝酸酒精溶液	硝酸 1~5 ml 酒精 100 ml	中碳钢、合金结构钢、铸铁的各种状态组织	随硝酸含量增加浸蚀速度加快
2	苦味酸盐酸酒精溶液	苦味酸 1~5 g 盐酸 5 ml 酒精 100 ml	淬火和淬回火后钢的组织与晶粒大小	浸蚀时间较长
3	碱性苦味酸水溶液	苦味酸 2~5 g 苛性钠 20~25 g 水 100 ml	钢中渗碳体呈棕黑色网状	加热至 60℃ 时浸蚀 5~30 s
4	氯化铁盐酸水溶液	氯化铁 5 g 盐酸 50 ml 水 100 ml	显示不锈钢、铜及铜合金的组织	浸蚀时间较长
5	王水溶液	盐酸 3 份 硝酸 1 份	显示高合金钢、不锈钢的组织	—
6	氢氟酸水溶液	氢氟酸 0.5 ml 水 100 ml	显示铝及铝合金的组织	用棉花沾上浸蚀剂后擦拭
7	焦亚硫酸试剂	焦亚硫酸钾 3 g 氨基磺酸 1~2 g 水 100 ml	显示铸铁、碳钢、合金钢组织	使铁素体晶粒着色，碳化物呈白色网状
8	硒酸试剂	盐酸 2 ml 硒酸 0.5 ml 酒精 100 ml	显示碳钢和工具钢组织	碳化物着色成红至蓝，铁素体发亮

浸蚀剂不同,显示组织的效果不一样。如 T12 钢退火后的组织,用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀后,渗碳体呈白色网状;用碱性苦味酸水溶液浸蚀后,渗碳体呈棕黑色网状。

(2) 着色显示(浸蚀)法 因为合金材料内部的组织往往是好几种组成相的混合组织,采用普通浸蚀方法难以将它们确切地区分出来,因此发展形成了着色显示法(又称彩色金相法)。着色显示法有热染定、气相沉积法、化学着色法和恒电位浸蚀法等多种。目前应用较多的是化学着色法。

化学着色法的基本原理是:试样在特殊的化学着色剂的作用下,主要通过试样表面材料的化学置换反应或沉积,在试样表面形成一层硫化物、氧化物等的薄膜,不同组成相形成膜的厚度不同,在金相显微镜的光线照射下,依靠薄膜干涉而增加各组成相的程度,并使之具有不同的色彩,从而区别出各个组成相。

2. 金属材料组织的放大

制备好的金相试样,直接用肉眼看不清材料内部的组织。正常人眼看物体时,最适宜的距离大约在 250 mm,在此距离能分辨的最小距离为 0.15~0.30 mm。而金属材料内部的组织远比此值小,所以必须依靠金相显微镜,把试样放大到一定倍数,以观察金属材料的内部组织。

在现代金相显微分析中,主要应用普通光学金相显微镜、电子显微镜等观察装置。这里仅介绍普通光学金相显微镜,其结构和操作参见 3.1 节。

2.1.3 实验装置及材料

(1) 磨制用玻璃平板及金相砂纸一套,其顺序号为:240#、280#、320#(00)、400#(01)、500#(02)、600#(03)、800#(04)、1000#(05)、1200#(06)、1400#(07)。

(2) 抛光机与抛光液 机械抛光机主要由电动机和抛光圆盘($\phi 200 \sim 300$ mm)所组成。抛光圆盘的转速为 300~500 r/min。根据试样材料和抛光面要求不同,抛光盘上蒙上帆布、呢绒、丝绸等。抛光时不断滴注抛光液。抛光液通常采用磨料(根据试样材料及抛光表面要求不同有 Al_2O_3 、 MgO 、 Cr_2O_3 、 SiC 等粉末),粒度为 0.5~3 μm ,常用 3 μm 的 Al_2O_3 在水中的悬浮液。抛光时,试样用手捏紧,放在抛光盘的适当位置上,轻压并轻转或移动试样,依靠极细的磨料与抛光面间产生相对滑动时的磨削作用来消除磨痕。

(3) 4×型金相显微镜一台。

(4) 浸蚀剂(本实验用 4% 硝酸酒精溶液)及金相试样等。

2.1.4 实验步骤

1. 领取试样毛坯及砂纸

根据本组人数,每人分别领取 10、20、35、45、55、65、75、T8、T10、T12 钢等金相试样毛坯 1~2 块和金相砂纸一套。

2. 制备金相试样

(1) 磨制 磨制的目的是消除磨面上较深的磨痕,为抛光做好准备。

正确的磨制方法如图 2-4 所示。金相砂纸平整地放在玻璃板上,手握紧试样并紧贴金相砂纸,轻压试样并缓慢向前推,用力要均匀,回头时不磨削,一直磨到试样只有一个方向的磨痕

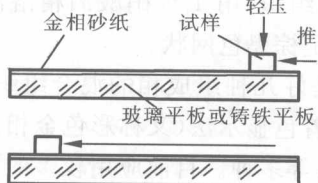


图 2-4 试样的正确磨制方法

为止。然后更换细一号的砂纸,更换后的磨削方向应与前一号砂纸留下的磨痕相垂直(即试样转动 90°),以利于观察粗磨痕的消除情况;同时在更换一张砂纸后,应用棉花把试样表面擦净,以免较粗砂粒带到细砂纸上擦伤试样表面。

对一般的钢铁材料试样,常磨到 03~04 号砂纸为止;而有色金属等较软材料需磨到 05~06 号砂纸为止。

(2) 抛光 抛光是除去试样磨面上的细微磨痕,使其呈光亮平整的镜面。

抛光前先把已经磨制的试样用水清洗干净,以免砂粒带入抛光面中去。

抛光时应使试样磨痕方向与抛光圆盘旋转的线速度方向相垂直;抛光液要摇均匀并间断地加到抛光盘上去;抛光时要注意防止试样的飞出;抛光时间为 2~5 min,不要太长,以避免夹杂物或石墨脱落和形成麻点。

(3) 浸蚀 浸蚀是为了显示金属材料的内部组织。

抛光后的试样要用水清洗干净,并用压缩空气(或洗耳球)吹干,把 4% 的硝酸酒精溶液用滴管吸出并置于试样表面(注意整个试样表面均要被浸蚀剂所覆盖并没有气泡,否则将使试样表面浸蚀得深浅不均匀),经几秒或几十秒(根据材料和组织而异)后,待试样表面变灰色时迅速用水清洗,并立即吹干(否则易生锈),再用毛巾擦去其他部分水迹。

浸蚀的时间长短,必须掌握好。浸蚀时间过短,组织不能完全显示出来,可以再行浸蚀;时间过长,试样表面灰黑,组织模糊不清,必须重新抛光后再浸蚀。

试样制成后,要注意保护。一方面要使试样表面不要与任何硬物相接触,以免擦伤表面,放置试样时表面要向上;另一方面的试样表面不能用手接触,以免手印留在试样表面而看不清组织。

3. 观察试样的组织

熟悉金相显微镜的使用方法,并检查已制备好的金相试样。用高倍、低倍或光圈大小不同来观察同一位置的组织;移动工作台观察整个试样表面各处的组织。

4. 完成实验报告

在实验报告上画出不同倍率下金相显微组织示意图,然后相互交换金相试样进行观察。

2.2 硬度测试实验

2.2.1 实验目的

(1) 学会布氏、洛氏和维氏硬度计操作方法。

(2) 熟悉布氏、洛氏和推氏硬度计的测试原理及应用范围。

(3) 找出钢的硬度与含碳量和内部组织之间的关系。