



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“十三五”规划实验教材

工程材料实验教程

(第二版)

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“十三五”规划实验教材

工程材料实验教程

(第二版)

主 编 徐志农
副主编 赵 朋 周继烈
参 编 王庆九 尹 俊 洪玉芳 倪益华 葛康定
主 审 唐任仲

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书是基于国家级实验教学示范中心系列规划教材和普通高等院校机械类“十三五”规划实验教材《工程材料实验教程》,凝练教育部机械基础课程教学指导委员会工程材料与机械制造基础课程教学指导小组就课程知识点和知识体系研究后提出的工程材料与机械制造基础课程教学基本要求的新精神,汇聚浙江大学国家级机械实验教学示范中心和兄弟院校实验教学的改革经验,所编著的第二版系列实验教材。

全书共分4章。第1章绪论,概述了实验教学目的、要求和实验教学体系;第2章介绍了基础型、验证型和综合型实验项目;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。

本书可作为高等院校机械类、近机类和化工类学生的工程材料实验教材,也可作为工科学生进行工程训练、机械制造实习时的实验辅助教材,以及相关教师和工程技术人员的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料实验教程/徐志农主编. —2版. —武汉:华中科技大学出版社,2017.4

国家级实验教学示范中心系列规划教材

ISBN 978-7-5680-2754-0

I. ①工… II. ①徐… III. ①工程材料-材料试验-高等学校-教材 IV. ①TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 078105 号

工程材料实验教程(第二版)

徐志农 主编

Gongcheng Cailiao Shiyān Jiaocheng(Di-er Ban)

策划编辑:万亚军

责任编辑:姚 幸

封面设计:原色设计

责任校对:张会军

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:7

字 数:177千字

版 次:2009年4月第1版 2017年4月第2版第1次印刷

定 价:19.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

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“十三五”规划实验教材
编 委 会

丛书主编 吴昌林 华中科技大学

丛书编委 (按姓氏拼音顺序排列)

邓宗全	哈尔滨工业大学
葛培琪	山东大学
何玉林	重庆大学
黄 平	华南理工大学
孔建益	武汉科技大学
蒙艳玫	广西大学
芮执元	兰州理工大学
孙根正	西北工业大学
谭庆昌	吉林大学
唐任仲	浙江大学
王连弟	华中科技大学出版社
吴鹿鸣	西南交通大学
杨玉虎	天津大学
赵永生	燕山大学
朱如鹏	南京航空航天大学
竺志超	浙江理工大学

再版前言

本书是工程材料及机械制造基础系列课程的实验教学用书。工程材料实验是理工科制造专业学生学习工程材料课程不可或缺的实践能力培养环节。

本书出版迄今已近十年,此次修订的依据是教育部“工程材料及机械制造基础课程教学基本要求”中工程材料课程部分,结合教育部机械基础课程教学指导委员会“工程材料与机械制造基础”课程教学指导小组对课程知识点和知识体系的研究成果,并吸取了各校教学改革经验和读者的意见及建议。

此次修订的主要原则如下。

(1) 坚持“少而精”。本书文字简练,能与课程教材有机配合,便于实验教学,实用性强。此次修订删去非金属材料定性类实验、选材的力学性能仿真实验,编入了非金属材料、典型复合材料的基础实验技术内容。

(2) 正确处理材料学理论“基础”与实际“应用”的关系。章节编排中更注重工程设计制造对金属材料、非金属材料和复合材料的量化要求,丰富制造类专业的学生对各类材料的理解,拓展其在工程实际应用中材料选择和应用的考量。

(3) 全面贯彻国家有关最新标准,包括名词术语、符号、单位等,并在实验中予以实际应用和实现。

(4) 新增、更换和调整了部分插图与表格。

本次修订由徐志农主持。参加本书修订工作的有浙江大学徐志农(第1章,2.4节,2.5节,2.8节,3.2节,4.1~4.9节),赵朋(2.10~2.12节,3.2.4节,4.10~4.12节),周继烈(2.1节),王庆九(2.3节,2.6节,2.9节),尹俊(2.13节,4.13节),洪玉芳(3.1节,3.3节),葛康定(2.7节),浙江农林大学倪益华(2.2节)。承蒙浙江大学唐任仲教授悉心审阅了本修订稿,并对书稿提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在谬误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2017年2月

前 言

本书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。

本书包括 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,合理制订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。

本书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。

本书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”课程用书和实验教材,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 工程材料实验教学体系	(2)
1.3 实验教学目的及要求	(3)
1.4 实验方法及手段	(3)
第 2 章 工程材料实验	(5)
2.1 金相显微分析基础实验	(5)
2.2 硬度测试实验	(9)
2.3 金属的塑性变形与再结晶实验	(15)
2.4 铁碳合金平衡组织的显微分析实验	(19)
2.5 常用铸铁的显微分析实验	(22)
2.6 钢的普通热处理实验	(25)
2.7 钢的淬透性测定实验	(28)
2.8 钢经热处理后不平衡组织的显微分析实验	(30)
2.9 计算机辅助定量金相显微分析实验	(35)
2.10 非金属材料孔隙率、吸水率和体积密度测定实验	(35)
2.11 塑料力学性能测试实验	(38)
2.12 丝束表观强度和表观模量测定实验	(41)
2.13 典型零件选材和热处理综合实验	(43)
第 3 章 实验辅助知识	(45)
3.1 金相显微镜	(45)
3.2 硬度计及其操作	(48)
3.3 定量显微测量基本知识	(57)
第 4 章 实验报告	(73)
“金相显微分析基础实验”实验报告	(73)
“硬度测试实验”实验报告	(75)
“金属的塑性变形与再结晶实验”实验报告	(77)
“铁碳合金平衡组织的显微分析实验”实验报告	(79)
“常用铸铁的显微分析实验”实验报告	(81)
“钢的普通热处理实验”实验报告	(83)
“钢的淬透性测定实验”实验报告	(85)
“钢经热处理后不平衡组织的显微分析实验”实验报告	(87)
“计算机辅助定量金相显微分析实验”实验报告	(89)

“非金属材料吸水率、气孔率、体积密度测定实验”实验报告	(91)
“聚合物力学性能测试实验”实验报告	(93)
“丝束表观强度和表观模量测定实验”实验报告	(95)
“典型零件选材和热处理综合实验”实验报告	(97)
附录	(99)
参考文献	(101)

第1章

绪 论

1.1 概述

材料是人类生产和生活的重要物质基础,材料的研究和生产水平成为一个国家工业技术水平的重要标志。人类社会的全部活动都与材料紧密相关。每一种有重要影响的新材料问世,都会推动生产技术的一次飞跃。材料也是近代科学技术发展的重要支柱之一。每一种新材料的发明和应用,都促使某一新兴工业的产生和发展,并使人类的生活更加丰富多彩。

目前,我国机械工业中应用的材料仍以金属材料为主。在金属材料中又以铁合金材料为主,其中碳钢和灰铸铁占总用量的一半以上。在非金属材料中,目前应用最多的是塑料。塑料的应用已遍及机械工业各个领域和国民经济的各部门。复合材料是近来发展起来的新型结构材料,可根据使用要求调整材料组分而获得满意性能,因而应用范围越来越广。非金属材料中的无机材料具有独特的性能,其耐热性、耐磨性、耐蚀性和电绝缘性是其他材料不能与之媲美的,在机械、化工、电气、纺织等工业部门的某些领域,是不可替代的重要材料。

随着科技水平和制造技术的发展,材料的研制、生产和应用将发生重大变化,钢铁材料的应用比例将逐步减少,非金属材料的应用比例将逐步增加,对材料性能的要求将向综合性和功能化发展。

进入 21 世纪,我国正在努力由制造业大国向制造业强国迈进。一方面,随着新材料、新技术、新工艺的不断出现,制造技术出现了前所未有的发展,产品制造所涉及材料已不再仅以金属材料为主,无机非金属材料、高分子材料、复合材料的快速发展,正在不断替代金属材料而获得广泛应用。另一方面,国家对高等教育实践教学环节的重视,通过机械工程实验教学中心整合了本学科的实验教学内容,构成了自身的实验教学体系,工程材料实验教学作为该体系中一个重要环节,日益体现出其重要性。

工程材料课程实验服务于工程材料课程教学。事实上我国高校相关课程名称很早就从金属材料拓宽到工程材料,但课程知识体系仍基本围绕金属材料及其制造展开,材料知识点在教学基本要求中也仅有粗线条展示,缺乏相关专业学生应用新材料的实验。构建工程材料实验教学新知识体系,使培养的学生真正做到“了解所在工程领域的工程实践知识,以及材料、部件和软件的属性、状态、制造与使用”。

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,本书既考虑

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,以理论学习为导引,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科人才的实践教学,也适合工科大类学生通过工程训练和机械制造实习环节,有效培养材料学的应用能力。

1.2 工程材料实验教学体系

工程材料实验来源于实践和理论的结合,并随着应用需求和学科交叉的不断发展,要求实验教学体系与理论教学体系的相辅相成,在实践教学中不但要应用新材料、新工艺、新方法,同时要贯彻新的实验教学理念和教学思路,提供合理的实验教学对策,使学生学习的知识点最终体现在能力点上。

对于制造类学科,尤其是机械类的学生,需要掌握主要知识包括:材料基础与选材、材料成形、机械制造工艺、材料改性等。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,以实验方法为支承,以实验手段为载体而建立的,是掌握材料基础与选材、材料改性知识的教学纲领。

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。

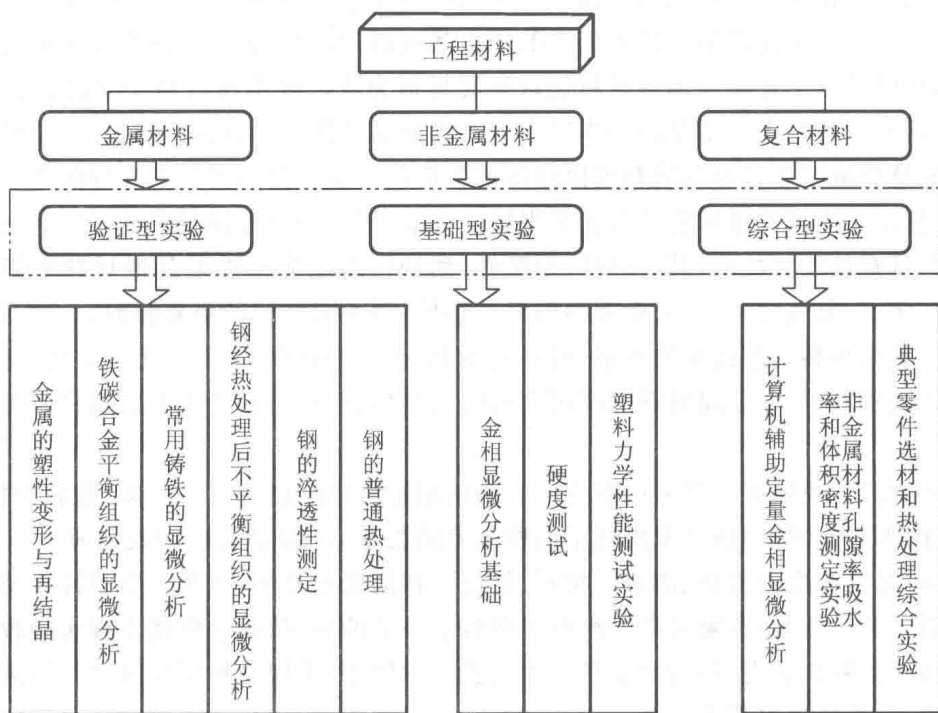


图 1-1 工程材料实验教学体系构架

工程材料实验教学体系构架力图在材料基础与选材上,使学生能分析理解工程材料的组织、结构、性能、工艺四者之间的内在关系,会运用这些关系解释材料性能和加工中的问题,能读懂材料的牌号及含义,能了解各种材料的主要用途,熟悉材料选材原则,会为产品或零件选材。在材料改性部分,使学生能理解材料改性的目的、方法、价值和意义;熟悉热处理工艺的目的和基本工艺;能读懂基本的热处理工艺,能为简单零件制订热处理工艺;了解表面工程技术

用途,能区分不同表面工程技术;能结合产品性能及成本,为产品或零件提供合理的改性建议。

1.3 实验教学目的及要求

工程材料实验与工程材料课程教学在内容上有着密切的关系,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,进而培养综合及创新能力。

1. 工程材料实验教学的主要目的

- (1) 在实验中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、求是的学风,提高综合及创新能力。

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) 能合理制订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) 严谨的进行科学实验,实事求是记录实验数据,归纳、推理、分析、判断。

1.4 实验方法及手段

为了适合各类人员的实验教学,本书所列实验项目适用于不同课时的教学计划,既适合学生通过工程材料理论及其他课程知识配合实验章节学习,也适合单独通过工程材料等实验环节学习和深化工程材料的应用及选材,还可以通过工程实践、工程训练等相关环节,逐步达到工程材料实验和选材的要求。实验项目的合理组合及编排有助于理论和实验知识体系的获取及掌握,能在要求的实验课时内达到最佳的教学效果。

要求教师多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,多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,必须认真阅读有关指导书和附录,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,必须认真完成实验报告。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,得出正确

的看法或结论。

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、非金属材料 and 复合材料及先进实验手段,如计算机辅助技术应用在实验教学环节中,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,尽量避免因截取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 $\phi(10\sim15)\text{ mm}\times(12\sim15)\text{ mm}$ 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”才能使显微组织真实地、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

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。

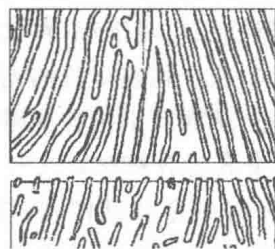


图 2-3 珠光体组织浸蚀后的示意图

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	碳化物着色呈红至蓝,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

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,可以再行侵蚀;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;另一面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。

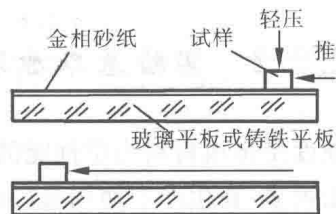


图 2-4 试样的正确磨制方法

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、洛氏和维氏硬度计的测试原理及应用范围。
- (3) 找出钢的硬度与其碳含量和内部组织之间的关系。