

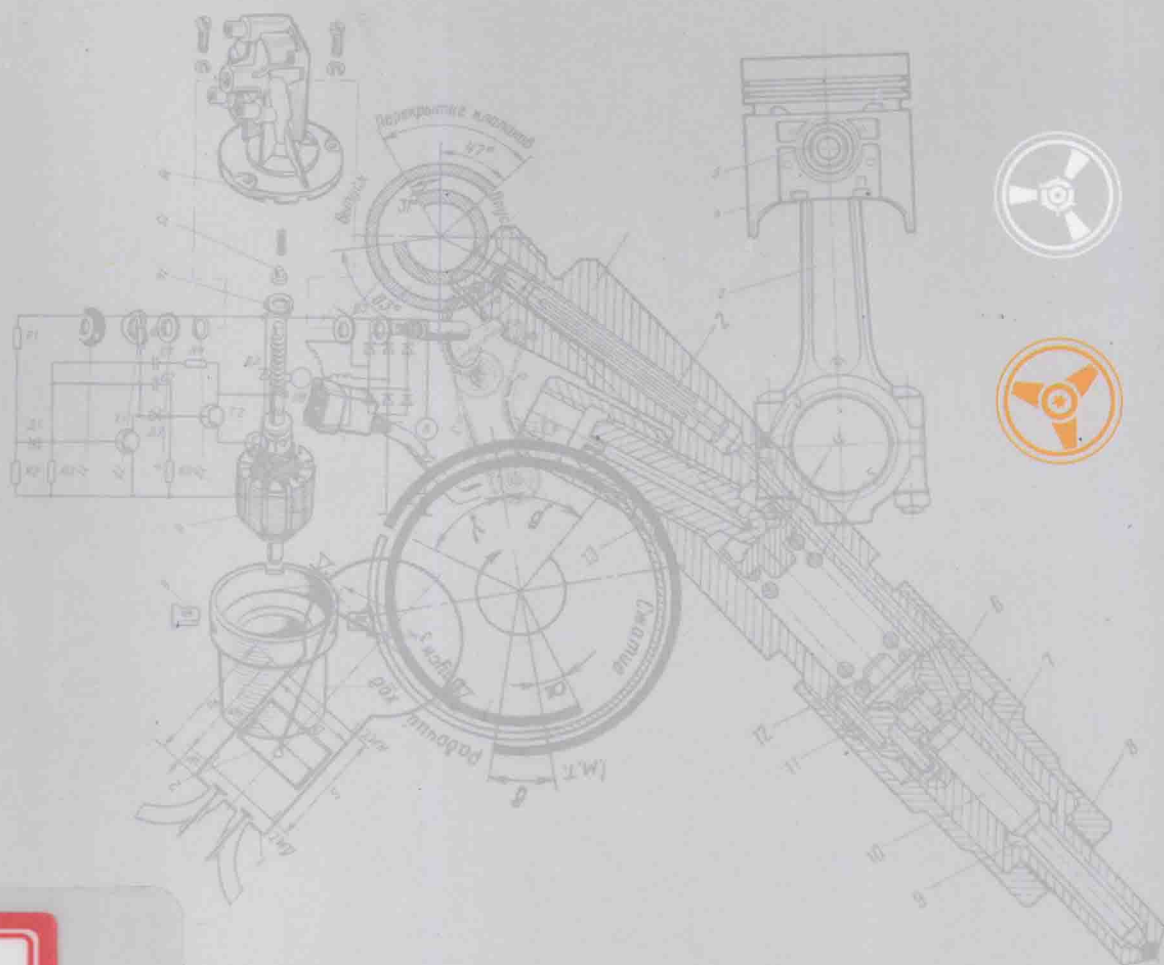


全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN JIXIESHEJIZHIZAO LEI GONGXUEJIEHE SHIERWU GUIHUAXILIEJIAOCAI

丛书顾问 陈吉红

工程材料及热处理

何宝芹 喻枫◎主编



GONGCHENG CAILIAO JI RECHULI



JIXIESHEJIZHIZAO



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国材料工程学会热处理分会《热处理》编辑委员会

CHINA JOURNAL OF HEAT TREATING

工程材料热处理

第11卷 第1期



CHINA JOURNAL OF HEAT TREATING

CHINA JOURNAL OF HEAT TREATING

CHINA JOURNAL OF HEAT TREATING

全国高职高专机械设计制造类“十二五”规划系列教材
丛书顾问 陈吉红

工程材料及热处理

主 编	何宝芹	喻 枫	
副主编	蒋红云	杨晓红	刘 琼
参 编	荣治明	石存秀	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书为教育部高职高专机械设计制造类专业指导委员会组织编写的全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划教材。全书共10个项目,内容主要包括工程材料的力学性能测试、工程材料的组织结构、铁碳合金相图及非合金钢、钢的热处理、合金钢、铸铁、非铁金属材料及硬质合金、非金属材料、新型材料、工程材料的选用。另外,还包含6个基础实验的实验指导。

本书全部采用新标准,系统地阐述了常用金属材料的成分、组织和性能之间的关系,概念阐述清楚,内容深入浅出,各项目均设置了适当的能力测试题,以加深对所学内容的理解。

本书可供高职高专、中职的机械、机电、模具、热处理及相关专业师生使用,也可作为机械或热处理工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热处理/何宝芹 喻 枫 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.2
ISBN 978-7-5609-7565-8

I. 工… II. ①何… ②喻… III. ①工程材料-高等职业教育-教材 ②热处理-高等职业教育-教材 IV. ①TB3 ②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 255462 号

工程材料及热处理

何宝芹 喻 枫 主编

策划编辑:黄俊杰

责任编辑:周忠强

封面设计:范翠璇

责任校对:刘 竣

责任监印:张正林

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:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:16

字 数:308千字

版 次:2012年2月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



华中出版

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

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

编委会

丛书顾问

陈吉红(华中科技大学)

委 员(以姓氏笔画为序)

万金宝(深圳职业技术学院)

王 平(广东工贸职业技术学院)

王兴平(常州轻工职业技术学院)

王连弟(华中科技大学出版社)

王怀奥(浙江工商职业技术学院)

王晓东(长春职业技术学院)

王凌云(上海工程技术大学)

王逸民(贵州航天工业职业技术学院)

王道宏(嘉兴职业技术学院)

牛小铁(北京工业职业技术学院)

毛友新(安徽工业经济职业技术学院)

尹 霞(湖南化工职业技术学院)

田 鸣(大连职业技术学院)

刑美峰(包头职业技术学院)

吕修海(黑龙江农业工程职业学院)

朱江峰(江西工业工程职业技术学院)

刘 敏(烟台职业学院)

刘小芹(武汉职业技术学院)

刘小群(江西工业工程职业技术学院)

刘战术(广东轻工职业技术学院)

孙慧平(宁波职业技术学院)

杜红文(浙江机电职业技术学院)

李 权(滨州职业学院)

李传军(承德石油高等专科学校)

秘 书:季 华 万亚军

吴新佳(郑州铁路职业技术学院)

何晓凤(安徽机电职业技术学院)

宋放之(北京航空航天大学)

张 勃(漯河职业技术学院)

张 健(十堰职业技术学院)

张 焕(郑州牧业工程高等专科学校)

张云龙(青岛职业技术学院)

张俊玲(贵州工业职业技术学院)

陈天凡(福州职业技术学院)

罗晓晔(杭州科技职业技术学院)

金 濯(江苏畜牧兽医职业技术学院)

郑 卫(上海工程技术大学)

胡翔云(湖北职业技术学院)

荣 标(宁夏工商职业技术学院)

贾晓枫(合肥通用职业学院)

黄定明(武汉电力职业技术学院)

黄晓东(九江职业技术学院)

崔西武(武汉船舶职业技术学院)

阎瑞涛(黑龙江农业经济职业学院)

葛建中(芜湖职业技术学院)

董建国(湖南工业职业技术学院)

窦 凯(广州番禺职业技术学院)

颜惠庚(常州工程职业技术学院)

魏 兴(六安职业技术学院)

序

目前我国正处在改革发展的关键阶段,深入贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴,必须大力提高国民素质,在继续发挥我国人力资源优势的同时,加快形成我国人才竞争比较优势,逐步实现由人力资源大国向人才强国的转变。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出:发展职业教育是推动经济发展、促进就业、改善民生、解决“三农”问题的重要途径,是缓解劳动力供求结构矛盾的关键环节,必须摆在更加突出的位置;职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。

高等职业教育是我国高等教育和职业教育的重要组成部分,在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中肩负着重要使命,发挥着不可替代的作用。自从1999年党中央、国务院提出大力发展高等职业教育以来,培养了1300多万名高素质技能型专门人才,为加快我国工业化进程提供了重要的人力资源保障,为加快发展先进制造业、现代服务业和现代农业作出了积极贡献;高等职业教育紧密联系社会经济,积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革,办学水平不断提高。

“十一五”期间,在教育部的指导下,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会根据《教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会章程》,积极开展国家级精品课程评审推荐、机械设计与制造类专业规范和模具实训基地方案制定工作,积极参与教育部全国职业技能大赛(高职组)赛事,引领了机械制造类专业教学改革。教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会数控分委会联合华中数控股份有限公司就《高等职业教育数控专业核心课程设置及教学计划指导书(草案)》面向部分实力较强的高职高专院校进行了调研,收到了多所院校反馈的意见。2011年3月,根据各院校反馈的意见,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会委托华中科技大学出版社联合国家示范(骨干)高职院校、部分重点高职院校、华中数控股份有限公司和国家精品课程负责人、一批层次比较高的高职院校教师组成编委会,组织编写全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材。

本套教材是各参与院校“十一五”期间国家级示范院校的建设经验以及校企结合的办学模式、工学结合的人才培养模式改革成果的总结,也是各院校任务驱动、项目导向等“教、学、做”一体的教学模式改革的探索。与普通高等教育教材

相比,高职教材有自己的特点,需要创新和改革,因此,希望在教材的编写中,着力构建具有机械类高等职业教育特点的课程体系,以职业技能的培养为根本,与企业对人才的需求紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出职业教育特色。

具体来说,要达到以下几点。

(1) 反映教改成果,接轨职业岗位要求。紧跟任务驱动、项目导向等“教、学、做”一体的教学改革步伐,反映高职机械设计制造类专业教改成果,引领职业教育教材发展趋势,注重满足企业岗位任职的知识要求,提升学生的就业竞争力。

(2) 创新模式,理念先进。创新教材编写体例和内容编写模式,迎合高职学生思维活跃的特点,体现工学结合特色。教材的编写以纵向深入和横向宽广为原则,突出课程的综合性,淡化学科界限,对课程采取精简、融合、重组、增设等方式进行优化。

(3) 突出技能,引导就业。注重实用性,以就业为导向,专业课围绕高素质技能型专门人才的培养目标,强调促进学生知识运用能力,突出实践能力培养原则,构建以现代数控技术、模具技术应用能力为主线、相对独立的实践教学体系,充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

当前,工学结合的人才培养模式和项目导向的教学模式改革还需要继续深化,体现工学结合特色的项目化教材的建设还是一个新生事物,处于探索之中。随着这套教材投入教学使用,并经过教学实践的检验,它将不断得到改进、完善和提高,为我国现代职业教育体系的建设和高素质技能型专门人才的培养作出积极贡献。

谨为之序。

教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会主任委员

国家数控系统技术工程研究中心主任

华中科技大学教授、博士生导师

陈吉红

2012年1月于武汉

前 言

《工程材料及热处理》是教育部高职高专机械设计制造类专业指导委员会组织编写的全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划教材。

“工程材料及热处理”课程是高职高专机械、机电类及相关专业的专业基础课。为了适应材料科学与制造技术的发展需求,针对高等职业教育培养面向生产、建设、服务和管理第一线的应用型专业人才的目标,从机械专业工程技术人员实际生产要求出发,在总结高职院校机械类专业教学改革经验的基础上编写了本书。

本书主要由四大部分组成:工程材料的力学性能,铁碳合金相图,常用金属材料的牌号(现行牌号和统一数字代号)、性能特点及主要用途等,热处理的基本知识及常用的工艺方法。在科学技术飞速发展的今天,虽然高分子合成材料、陶瓷材料及复合材料的应用越来越广泛,但传统的金属材料在机械制造业中仍占主导地位,所以本书在编写内容的安排上侧重于金属材料,同时也兼顾了非金属材料 and 新型材料的介绍,为高职院校高水平应用型工程技术人才的培养提出了新的要求。

本书的主要特点如下。

(1) 重点突出 以金属材料为重点,适当增加新材料、新技术、新工艺等方面的内容,以拓宽学生的专业知识面。

(2) 实践性强 注重实践能力和职业技能的培养,基础理论以“实用、够用”为原则,强调知识的实际运用和实践训练。

(3) 内容精练 在编写本书的过程中广泛地征求了相关高职院校的意见,结合学生的特点,力求做到理论深入浅出,并删除了一些旧的知识和理论性很强的内容,使文字通俗易懂。

(4) 规范性强 本书全部采用法定计量单位,名词、术语、牌号均采用最新国家标准,根据现行标准的推行以及生产实际的应用情况,少量仍沿用传统用法的术语已在文中加以说明。

根据各院校机械、机电类专业对各章节内容要求的不同,教学时数安排的不同,在选用本书作为教材时,可根据具体情况对各章节的内容加以取舍和调整。

本书由大连海洋大学职业技术学院的何宝芹、襄樊职业技术学院的喻枫任主编,安徽国防科技职业学院的蒋红云、鹤壁职业技术学院的杨晓红和襄樊职业技术学院的刘琼任副主编,大连海洋大学职业技术学院的荣治明、十堰职业技术学院的石存秀任参编。具体分工如下:何宝芹编写绪论、项目四、项目五、实验指

导和附录；喻枫编写项目七、项目八；蒋红云编写项目三；杨晓红编写项目一；刘琼编写项目九和项目十；荣治明编写项目二；石存秀编写项目六，全书由何宝芹统稿并审定。

在编写本书的过程中，得到了有关专家、学者的支持和指教，华中科技大学出版社给予了热情的帮助和指导，在此一并表示诚挚的感谢。同时，本书参考并引用了有关文献资料、插图等，编者在此对上述作者深表谢意。

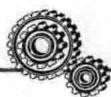
限于编者的水平，书中难免存在一些错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月

目 录

绪论	(1)
项目一 工程材料的力学性能测试	(4)
任务一 材料的硬度测试	(4)
任务二 材料的强度及塑性测试	(8)
任务三 材料的冲击韧度和疲劳强度测试	(12)
任务四 材料的工艺性能	(16)
小结	(17)
能力检测	(17)
项目二 工程材料的组织结构	(19)
任务一 纯金属的晶体结构	(19)
任务二 纯金属的结晶	(22)
任务三 合金的晶体结构与结晶	(25)
小结	(27)
能力检测	(27)
项目三 铁碳合金相图及非合金钢	(28)
任务一 铁碳合金的基本组织	(28)
任务二 铁碳合金相图	(30)
任务三 碳的质量分数对铁碳合金的组织 and 力学性能的影响	(36)
任务四 铁碳合金相图的应用	(38)
任务五 非合金钢	(39)
小结	(44)
能力检测	(44)
项目四 钢的热处理	(46)
任务一 钢的热处理基本知识	(46)
任务二 钢在加热时的组织转变	(49)
任务三 钢在冷却时的组织转变	(51)
任务四 钢的退火与正火工艺的制定	(60)
任务五 钢的淬火与回火工艺的制定	(63)
任务六 钢的表面热处理	(72)
任务七 金属材料的热处理工艺设计	(81)
小结	(85)



能力检测	(87)
项目五 合金钢	(88)
任务一 合金元素在钢中的作用	(88)
任务二 合金钢的牌号识别	(94)
任务三 低合金结构钢	(98)
任务四 合金结构钢	(102)
任务五 合金工具钢	(112)
任务六 高速工具钢	(118)
任务七 特殊性能钢	(123)
小结	(128)
能力检测	(130)
项目六 铸铁	(131)
任务一 铸铁的石墨化过程分析	(131)
任务二 铸铁的分类	(134)
任务三 灰铸铁	(135)
任务四 球墨铸铁	(138)
任务五 其他铸铁	(142)
小结	(146)
能力检测	(147)
项目七 非铁金属材料及硬质合金	(148)
任务一 铝及铝合金	(148)
任务二 铜及铜合金	(154)
任务三 其他非铁合金	(160)
任务四 粉末冶金材料	(167)
小结	(171)
能力检测	(172)
项目八 非金属材料	(173)
任务一 高分子材料	(173)
任务二 陶瓷材料	(181)
任务三 复合材料	(185)
小结	(190)
能力检测	(190)
项目九 新型材料	(191)
任务一 纳米材料	(191)
任务二 非晶态合金	(193)
任务三 超导材料	(194)



任务四 形状记忆合金	(196)
小结	(199)
能力检测	(199)
项目十 工程材料的选用	(200)
任务一 机械零件的失效与分析	(200)
任务二 材料选择的一般原则、方法与步骤	(203)
任务三 典型零件的材料选择	(204)
小结	(210)
能力检测	(210)
实验指导	(211)
实验 1 冲击试验	(211)
实验 2 硬度实验	(212)
实验 3 金相试样的制备	(217)
实验 4 铁碳合金的平衡组织观察	(220)
实验 5 钢的热处理	(221)
实验 6 常见铸铁的组织观察	(223)
实验报告	(225)
附录	(231)
附录 A 布氏硬度换算表	(231)
附录 B 非铁金属材料的硬度及强度换算表 (GB/T 1172—1999)	(237)
附录 C 钢铁及合金牌号统一数字代号体系 (GB/T 17616—1998)	(240)
参考文献	(244)

绪论

工程材料是指工业和工程领域中所使用的材料,即用于制造工程构件、机械零件、工具等的材料,如金属材料、陶瓷材料、聚合物、复合材料等。

《工程材料及热处理》是以工程材料为研究对象,探讨材料的成分、组织结构、性能及应用之间的相互关系和规律的科学。“工程材料及热处理”是建立在实验基础之上而又与工程实践紧密结合的一门重要的技术基础课程,是工科院校工程技术类专业的必修课,有较强的理论性和应用性。作为一名机械工程技术人員,无论设计机器设备、机械零件,还是改进、制作一套工夹具,都将面临材料的选择、应用与零件加工工艺路线的制定等问题,这一切都涉及材料方面的知识。很难设想,一个没有学习、掌握工程材料及热处理知识的技术人員能很好地胜任本职工作。这就要求机械工程技术人員同时具备两方面的材料学知识:一是应了解材料的成分(组成)、组织结构、工艺之间的相互关系及外界条件(如载荷、温度、环境介质等)改变时对其性能的影响;二是应掌握各种工程材料(重点是金属材料)的基本特性和应用范围。而“工程材料及热处理”课程正是为了实现这一要求而设置的。

“工程材料及热处理”课程的重点内容可归纳为:一条线,两张图,三种材料,四把火。

“一条线”是指材料的化学成分→组织、结构→性能→与使用之间的相互关系及其变化规律,是贯穿本课程的“纲”,本课程的各个部分、各章内容都是以此“纲”为主线索而展开的。

“两张图”是指 Fe-Fe₃C 相图和奥氏体等温转变曲线图。Fe-Fe₃C 相图反映的是铁碳合金在缓慢加热和冷却时其成分、温度与组织之间的关系;奥氏体等温转变曲线图反映的是材料在冷却时温度与冷却速度对组织与性能的影响。深刻理解这两张图,就可以了解钢在不同温度和不同冷却方式下的性态,合理制定材料强化与改性的手段与工艺参数,正确判断材料的组织结构变化,最大限度地发挥材料的潜力。

“三种材料”是指金属材料、非金属材料 and 复合材料。这些材料有着各自不同的性能特点与应用范围,要掌握常用工程材料的牌号、成分、强化改性方法、性能特点及适用范围,做到合理选材。

“四把火”即退火、正火、淬火与回火。它是最常见的四种热处理方法,是其他处理方法的基础,是强化和改变材料性能的重要手段。它集中体现了材料成分、组织结构、性能及热处理工艺之间的关系,反映出外因通过内因而起变化这一深刻哲理。要学会根据所用材料及其性能要求正确制定热处理的工艺参数,合理安排其工序位置。

“工程材料及热处理”课程的开课时间处于文化基础课与专业课的过渡时期,课程内容以定性描述为主,具体表现为“三多”:一是讲授内容中名词、概念、术语多,会使学生学习时感到枯燥乏味;二是定性描述、经验性总结多,各章节之间没有像数理化那样严密的逻辑联系,会使学生在学习内容和学习方法上感到不习惯,产生厌学情绪;三是记忆性的内容、规律多,会使学生在学习时感到无从下手,抓不住重点。由于本课程是一门从内容到授课方式及学习方法上全新的课程,因此,教师在讲课的过程中要注意前后知识的衔接与综合应用,重视实验、实习等实践教学环节,提倡现场教学、案例教学、直观教学和电化教学,建议把随堂实验变成设计性、综合性、实用性实验,并在教学过程中安排相应的课程设计及大型作业。学生在学习时,应注重知识的分析、理解与运用。一要理清思路,善于归纳。如在“钢铁材料”一节中,应按照“典型牌号→主要用途→性能要求→化学成分特点(碳及合金元素的质量分数与主要作用)→热处理工艺及相应组织”这一主线索,运用归纳、小结的方法去梳理、概括、归纳各部分内容,将分散的内容集中、繁杂的内容高度概括,以达到有条理、系统、精练又便于记忆的目的。二要把握重点,以点带面。因为繁多的课程内容,是不可能也没必要什么都记,只有把握住重点,以点带面,才能高效率地学好本课程。

材料是人类生产和社会发展的物质基础,是人类文明的标志,是人类进化的里程碑(如石器时代、青铜器时代、铁器时代等),在从石器时代发展到铜器时代和铁器时代的过程中,热处理的作用逐渐为人们所认识。早在公元前 770 年,中国人在生产实践中就已发现钢铁的性能会因温度和加压变形的影响而变化。白口铸铁的柔化处理就是制造农具的重要工艺。公元前 6 世纪,钢铁兵器逐渐被采用,为了提高钢的硬度,淬火工艺遂得到迅速发展。中国河北省易县燕下都出土的两把剑和一把戟,其显微组织中有马氏体存在,说明是经过淬火的。1863 年,英国金相学家展示了钢铁在显微镜下的六种不同的金相组织,证明了钢在加热和冷却时,内部会发生组织改变,钢中高温时的相在急冷时转变为一种较硬的相。法国人奥斯蒙德确立的铁的同素异构理论,以及英国人奥斯汀最早制定的铁碳相图,为现代热处理工艺初步奠定了理论基础。与此同时,人们还研究了在金属热处理的加热过程中对金属的保护方法,以避免加热过程中金属的氧化和



脱碳等。20 世纪 60 年代,热处理技术运用了等离子场的作用,发展了离子渗氮、渗碳工艺;激光、电子束技术的应用,又使金属获得了新的表面热处理和化学热处理方法。

材料是发展高科技的先导和基石。一种新材料的出现,往往可以导致一系列新技术的突破,而各种新技术及新兴产业的发展,无不依赖于新材料的研发。如海洋用深潜器及各种海底设施与所需要的耐压、耐蚀结构材料;卫星、宇航设备与所需的轻质高强材料;医学上制造人工脏器、人造骨骼、人造血管等与所需要的各种与人体相容的特殊材料及智能材料、环境材料、复合材料等。如今,高性能的新型金属结构材料持续发展,复合材料异军突起,低维(零维如纳米材料,一维如纤维材料,二维如薄膜材料)材料的应用正在扩大,非晶材料日益受到重视,功能材料迅速发展,材料的设计与选用计算机化等,使得材料与信息、能源、生物技术并列成为现代文明的四大支柱。复合材料的开发、利用已被列入国家“十二五”重点发展项目。

项目

工程材料的力学性能测试

学习目标

- ▶ 掌握:布氏硬度和洛氏硬度的含义、测试方法及应用。
- ▶ 熟悉:强度、塑性、冲击韧度和疲劳强度的含义及应用。
- ▶ 了解:强度、塑性、冲击韧度和疲劳强度的测试方法。

工程材料是人类生产和社会发展的重要物质基础,其中,金属材料性能优良,种类繁多,其性能指标及测试方法对其他材料也有一定的代表性,所以,要正确使用和不断开发新材料,就必须了解金属材料的性能。金属材料的性能包括材料的物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。本书只介绍材料的力学性能。

金属材料的力学性能是指材料在载荷作用下所表现出来的特性。金属力学性能的高低,表征着金属抵抗各种机械损害作用能力的大小,是评定金属材料质量的主要依据,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。常用的力学性能指标有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

任务一 材料的硬度测试

硬度是一项综合力学性能指标,从金属表面的局部压痕即可反映出材料的强度和塑性,并且测试方法简便迅速,因而在生产中被广泛应用。

硬度是衡量金属软硬程度的一种性能指标,是指金属抵抗局部变形的能力,特别是抵抗塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度试验是在静载荷下测定材料力学性能的方法。硬度试验由于其基本上不损伤试样,不需要制作专门试样,而且可以直接在工件上进行测试,因此在零件图上常常标注硬度值作为技术要求。硬度值的高低对机械零件的耐磨性有直接影响,一般情况下钢的硬度愈高,其耐磨性亦愈高。



目前,生产中测定硬度的方法最常用的是压入硬度法,它是用一定几何形状的压头,在一定载荷下,压入被测试的金属材料表面,根据被压入程度来测定其硬度值的方法。用同样的压头,在相同载荷作用下,压入金属材料表面时,若压入程度愈大,则材料的硬度值愈低;反之,硬度值就愈高。在压入法中,根据试验压力、压头和表示方法的不同,常用的硬度试验方法有布氏硬度(HBS或HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)三种。

一、布氏硬度

布氏硬度的试验原理是用一定直径的淬火钢球或硬质合金球,以规定的试验力压入试样表面,经规定的保持时间后,去除试验力,测量试样表面的压痕直径 d ,然后根据压痕直径 d 计算其硬度值,如图1-1所示。

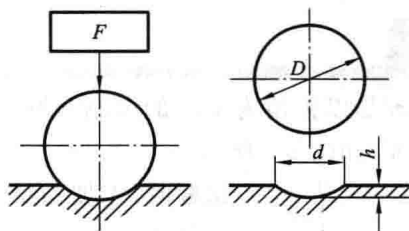


图 1-1 布氏硬度试验原理图

布氏硬度值是指球面压痕单位面积上所承受的平均压力。选择淬火钢球压头时,用符号 HBS 表示;选择硬质合金球压头时,用符号 HBW 表示。布氏硬度值可表示为

$$\text{HBS(HBW)} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-1)$$

式中: F ——试验力,N;

D ——压头的直径,mm;

d ——压痕的直径,mm。

式中只有 d 是变量,因此试验时只要测量出压痕直径 d ,就可通过计算或查布氏硬度换算表(见附录A)得出HBS(HBW)值。布氏硬度计算值一般都不标出单位,只写明硬度的数值。

由于金属有硬有软,工件有厚有薄,在进行布氏硬度试验时,压头直径 D 、试验力和保持时间应根据被测金属种类和厚度正确地进行选择。

在进行布氏硬度试验选择压头时,HBS适用于测定布氏硬度值在450以下的材料,如灰铸铁、非铁金属及经退火、正火和调质处理的钢材等;HBW适用于测定布氏硬度值在450~650之间的材料。目前,我国布氏硬度试验常用的压头主要是淬火钢球。

布氏硬度的标注方法是,测定的硬度值应标注在硬度符号的前面。除了采