

高等职业教育“十一五”规划教材
21世纪高职高专机电类规划教材



机械制造技术

林承全 贺 剑 刘合群 主编
明志新 主审

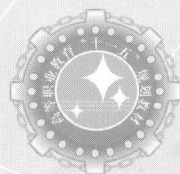
J
JIXIE ZHIZAO JISHU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高等职业教育“十一五”规划教材
21世纪高职高专机电类规划教材



机械制造技术

林承全 贺 剑 刘合群 主 编
王新娜 刘景军 张立秀 颜昌标 副主编
姚 杰 苏 忆 李 梅 潘 莉 参 编
明志新 主 审

J
JIXIE ZHIZAO JISHU

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/林承全 贺 剑 刘合群 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008 年 8 月

ISBN 978-7-5609-4578-1

I. 机… II. ①林… ②贺… ③刘… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 074188 号

机械制造技术

林承全 贺 剑 刘合群 主编

策划编辑:张 毅

责任编辑:吴 晗

责任校对:刘 竣

封面设计:刘 卉

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:武汉正风图文照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:14.75

插页:2

字数:365 000

版次:2008 年 8 月第 1 版

印次:2008 年 8 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

ISBN 978-7-5609-4578-1/TH·171

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

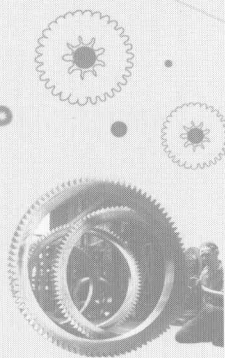
高等职业教育“十一五”规划教材 21世纪高职高专机电类规划教材 编审委员会

顾 问 陈吉红（教授，华中科技大学博导）

委 员 （以姓氏笔画为序）

丁原廉 王 瑞 尹玉珍 刘合群 牟应华 许小明
李传军 李正峰 李振斌 余小燕 苏 明 吴水萍
陆全龙 陈新耘 张晓娟 张 健 张安全 邱文萍
杨继宏 杨晓光 林承全 明志新 周卫东 娄 琳
洪 霞 贺 剑 郭建农 徐国洪 游英杰 崔梁萍
盛国林 熊裕文 熊光荣 熊建云 管 剑

秘 书 张 毅



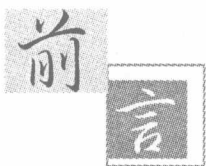
内 容 简 介

本书是编者在总结多年教学经验,认真汲取兄弟院校专业教学改革的成功经验的基础上,根据教育部最新颁布的课程教学要求,并参阅了大量相关资料编写而成的。

在编写本书时,编者注重高等职业教育的特色,基本理论以应用为目的,以“必需、够用”为度,以讲清概念、强化应用为重点,注重实践性、启发性和科学性,注重对学生创新能力、创业能力和创造能力的培养。

全书共分8章,主要内容包括金属材料基本知识、钢的热处理、常用工程材料、铸造成形、锻压成形、焊接与胶接成形、金属切削加工的基本知识、金属切削方法、机械加工工艺的基本知识等内容。每章后面都编有丰富的习题以供师生选用。书中采用的基本术语、材料牌号、设备型号等符合最新的国际标准和国家标准。

本书可作为高职高专院校机械及其相关专业的教材,也可供工程技术人员参考。



本书是根据教育部制定的“高职高专技能型人才培养方案”的教学要求,结合多所院校多年的教改经验编写而成的,主要适用于模具、数控、汽车、机电一体化等机械类、近机械类各专业两年制和三年制学生的教学,参考学时数为 90~150;也可作为其他相关专业的教材或参考书,还可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书是按照“机械制造技术”课程的教学基本要求和“高校金工系列课程改革指南”的精神编写而成的。本书的编写结合了国内高职院校课程的改革实践,借鉴了我国港台地区及国外同类课程的有益经验。本书根据新形势下机械工程专业人才的培养目标和要求,加强基础、突出能力、注重素质、强调自身特色。

本书是将传统的“金属工艺学”、“金属切削原理与刀具”、“机械制造工艺学”、“金属切削机床”等课程整合而编写成的,突出专业知识的实用性、综合性、先进性。其基本理论以应用为目的,以“必需、够用”为度,以讲清概念、强化应用为重点,注重实践性、启发性和科学性,注重对学生创新能力、创业能力和创造能力的培养。

全书共分 8 章,主要包括金属材料基本知识、钢的热处理、常用工程材料、铸造成形、锻压成形、焊接与胶接成形、金属切削加工的基本知识、金属切削方法、机械加工工艺编程的基本知识等内容。每章后面都编有丰富的习题以供师生选用。书中采用的基本术语、材料牌号、设备型号等符合最新的国际标准和国家标准。

本书由林承全、贺剑、刘合群担任主编,王新娜、刘景军、张立秀、颜昌标担任副主编,姚杰、苏忆、李梅、潘莉担任参编。由林承全负责全书的统稿、定稿。本书由湖北水利水电职业技术学院明志新担任主审。林承全(湖北荆州职业技术学院)编写前言、目录、第 1 章、第 2 章,苏忆(江苏无锡商业职业技术学院)、明志新(湖北水利水电职业技术学院)共同编写第 3 章,颜昌标(湖北武汉铁路职业技术学院)、张立秀(湖北武汉工业职业技术学院)共同编写第 4 章,贺剑(湖北随州职业技术学院)、刘景军、潘莉(湖北武汉工程职业技术学院)共同编写第 5 章,王新娜(河南漯河职业技术学院)、刘合群(湖北咸宁职业技术学院)共同编写第 6 章、第 7 章,姚杰(辽宁辽阳职业技术学院)、林承全(湖北荆州职业技术学院)、李梅(湖北随州职业技术学院)编写第 8 章。

在本书的编写过程中参阅了一些国内外出版的同类书籍,在此特向有关作者表示衷心感谢!

限于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者联系方式 E-mail:linchengquan@msn.com.

编 者

2008 年 8 月

目

录

第 1 章 机械制造技术概论	(1)
1.1 机械制造技术的发展	(1)
1.2 “机械制造技术”课程的内容及性质	(2)
1.3 课程的特点、学习要求和学习方法	(3)
习题	(4)
第 2 章 金属材料力学性能	(5)
2.1 强度和塑性	(5)
2.2 硬度	(7)
2.3 材料的韧度和疲劳强度	(8)
习题	(9)
第 3 章 金属结晶理论及应用	(10)
3.1 金属结构与结晶	(10)
3.2 铁碳合金状态图	(18)
习题	(26)
第 4 章 工程材料及热处理	(27)
4.1 非合金钢	(27)
4.2 合金钢	(32)
4.3 铸铁	(40)
4.4 非铁合金与粉末冶金	(45)
4.5 钢的热处理工艺	(52)
4.6 钢的表面热处理	(56)
习题	(59)
第 5 章 铸、锻、焊及胶接	(61)
5.1 铸造	(61)
5.2 锻压	(83)
5.3 焊接	(96)
5.4 胶接	(117)
习题	(120)
第 6 章 金属切削基本理论	(122)
6.1 切削运动和切削要素	(122)
6.2 刀具的几何角度	(124)



习题	(137)
第7章 金属切削加工及装备	(139)
7.1 机床基础知识	(139)
7.2 工件的安装与夹具基本知识	(144)
7.3 零件生产工艺过程基本知识	(153)
7.4 常用表面的加工方法	(157)
7.5 先进制造技术简介	(175)
习题	(180)
第8章 机械制造工艺规程设计	(181)
8.1 机械加工工艺规程概述	(181)
8.2 工艺规程的制定	(187)
8.3 加工余量与工序尺寸确定	(192)
8.4 数控加工工艺概述	(201)
8.5 装配工艺规程设计	(212)
8.6 时间定额和提高生产率的工艺途径	(223)
习题	(227)
参考文献	(229)

第 1 章 机械制造技术概论

1.1 机械制造技术的发展

1.1.1 机械制造业基本情况

机械制造技术是以制造一定质量的产品为目标,研究如何以最少的消耗、最低的成本和最高的效率进行机械产品制造的综合性技术。为适应我国机械工业的发展,必须培养高技能型制造技术应用型人才。机械制造技术在国民经济中具有十分重要的地位和作用。无论是传统产业还是新兴产业,都离不开各种各样的机械设备。世界各国都把机械制造业作为振兴和发展国民经济的战略重点之一。

机械制造业的规模和水平是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志,是国家工业体系的重要基础和国民经济的重要组成部分;机械制造技术是工业生产、国际经济竞争、产品革新的一种重要手段。在基础机械、基础零部件、基础工艺的发展中,其关键问题是制造技术的发展。我们可以把现代以制造技术为重点的工业革命,看成第三次工业革命。

1.1.2 我国机械制造技术发展情况

机械制造业经历了工业化革命,现在,现代科学技术的飞速发展又为现代制造业的技术革新与技术改造提供了新的基础。我国正在逐步成为全球制造业大国,并将从制造业大国转变为制造业强国。面对激烈的市场竞争,企业不得不采用新的生产方式以及现代管理模式,来快速响应市场,增强企业核心竞争力。机械制造技术是支撑现代制造业快速发展的重要理论基础,是培养现代制造业专业人才的主干课程。目前,机床工具领域尖端产品,如五轴联动叶片加工中心、大型数控龙门车铣加工中心、五面体加工中心、大型车削中心及柔性加工线都已实现了产业化;结构复杂一直受到国外封锁的立式镗铣头、空间回转镗铣加工中心等都已开发成功并用于生产,复合式板材加工中心、液压式回转头数控压力机等都已达到国际先进水平;我国的工具行业在超硬材料、复杂刀具等方面也取得了一定的进步,高精度、高效率、高寿命的刀具、磨具市场占有率不断提高,数控刀具的生产、应用也粗具规模。

我国的机械制造业虽然取得了很大的成绩,但与国民经济发展的需要、与世界先进水平相比还存在一定的差距。

今后我国机械制造业的发展战略是:适应国民经济发展的要求,以基础机械的关键制造技术,柔性化、自动化制造技术,重大成套技术装备及大批量制造技术为重点,研究开发优质、高效、精密工艺与装备,为新一代产品投产和规模生产提供新工艺、新装备作为总目标;加强基础技术研究,积极消化、掌握引进技术,提高自主开发能力,抓好工艺与装备紧密结合,以及常规制造技术、精密检测技术、数控技术的综合应用等环节,形成常规制造技术、现代制造技术和高新技术并存的多层次制造技术发展结构。

1.2 “机械制造技术”课程的内容及性质

1.2.1 “机械制造技术”课程的内容

“机械制造技术”课程的内容包括各种刀具的结构、材料、使用和加工的方法,金属切削加工过程的基本规律;常用金属材料的基本知识、钢的热处理、常用工程材料、铸造成形、锻压成形、焊接与胶接成形,机械制造测量的数据处理与合格工件的判别方法。学习机械加工工艺过程设计原理,掌握机床夹具设计原理和装配工艺的有关基础知识,使学生能正确选择使用机床和刀具,并具有一般零件机械加工工艺规程的编制能力和参与生产技术准备与组织生产的能力。

本课程重点讨论铸、锻、焊、胶接工艺及应用,以及常用机床的加工工艺制定。通过学习逐步建立适应社会需要的工作规范,使学生掌握机械加工技术,并具有良好的职业素质。

“机械制造技术”课程是一门有关机械零件制造方法及其用材的综合性专业技术课程。其具体内容由以下几个部分组成。

(1) 金属材料及热处理。主要介绍各种常用材料的性能、使用及热处理工艺对金属材料的影响。

(2) 毛坯成型的基本方法。主要介绍毛坯成形的三种基本方法,揭示毛坯成型的基本原理、常见缺陷的原因和预防措施,同时对零件的结构工艺性进行分析。

(3) 金属切削原理及切削加工方法。主要揭示金属切削过程中的切削规律,常用机床的工作原理及组成,常用刀具的结构特点及使用;重点分析和比较各种表面加工方法的特点及应用。

(4) 机械制造工艺。主要包括机械加工工艺规程的制定及工艺尺寸链的计算、典型零件的加工工艺等。

1.2.2 “机械制造技术”课程的性质

机械制造技术是人类社会发展的基础,是人类生产和生活的基本方法,所以历史学家以石器时代、陶瓷时代、铜器时代来划分古代史的各阶段。如今,人类正跨入人工合成材料的新时代。

自20世纪80年代改革开放以来,我国机械制造业得到稳步健康发展,已经形成能提供具有先进水平的大型成套技术设备的工业体系,机械制造工业已成为我国最大的产业部门之一。特别是进入21世纪,一大批高精技术设备得以开发,一些关键技术有所突破。如今,材料、能源和信息已成为发展现代化生产的三大支柱,而材料又是能源与信息发展的物质基础。各种材料的性能好坏直接影响到产品的质量、寿命和可靠性。目前,现代机械制造技术

正向着高速、自动、精密等方向发展。同学们是继往开来的接班人,因此,要努力学好机械制造技术,将来为国家建设做出更大的贡献。

“机械制造技术”课程的学习除解决正确选材外,还涉及一些加工工艺问题,尤其是热处理工艺、机械制造工艺、装配工艺等。因此,正确选材、合理用材及正确选择热处理和机械加工方法来满足机械零件性能要求是这门课程学习的主导线。

机械制造技术是一门内容广泛、理论和实践相结合的课程,本课程是一门专业技术课程。它综合运用了普通物理、机械设计基础、机械制图、公差与配合等课程的知识,解决常用机械零件的材料选择,制造与装配等,比以往的先修课程更接近工程实际。它主要是研究各类机械零件所要解决的共性问题,在机电类专业课程体系中占有非常重要的位置。机械制造技术是面向机械制造类各专业学生的专业技术课程,同时也是机械制造类各专业学生职业技能课程之一。本课程定位于使学生了解和掌握常用机械加工技术的基础知识,为学习其相关专业课程和将来从事生产技术工作准备必要的基础知识。

1.3 课程的特点、学习要求和学习方法

1.3.1 课程的特点

对于培养新世纪制造业高级专门技术人才,特别是培养应用型专业技术人才,“机械制造技术”作为一门专业技术主干课程,要求学生掌握并熟悉机械制造过程中传统的和现代的各种常用加工方法和制造工艺以及相关的切削机理、加工原理、装备的选用原则、加工质量的分析和控制方法等。以往的专业课教材大多数基于传统的机械加工理论以及传统的机械加工方法,其生产组织、生产方式、生产管理以及质量管理等理念还停留在早期的概念上,教材内容较窄、较细、较旧,专业课分成多门课程,与现代制造业的发展现状严重脱节。“机械制造技术”通过整合几门传统专业课,重新调整课程体系和教学内容,并在多年教材研究和教学改革经验积累的基础上,将传统的机械制造理论进行精简和整合,有机糅合现代制造的理论和方法。

课程设置的目的是为学生在制造技术方面奠定最基本的知识和技能基础。该课程是一门实践性很强的课程,需有相应的实践性教学环节与之配套。“机械制造技术”课程的改革体现在以下方面。

- (1) 增强了机械制造系列课程的系统性和完整性,消除了重复的内容,压缩了学时;
- (2) 符合“实践—认识—实践”的认知规律(即先金工实习,后讲授课程,再进行生产实习、课程实验和课程设计);
- (3) 内容的深度和广度适中,避免了原专业课过专、过细、过深的倾向;
- (4) 讲授方法的改革和多媒体的应用,改进了教学效果,调动了学生的学习兴趣 and 主动性;
- (5) 课程整合带动了资源(包括人力资源和物质资源)的整合,实现了资源共享与充分利用,为深化教改提供了可靠保证。

1.3.2 课程的学习要求

“机械制造技术”立足于机械制造类各专业机械制造基本理论和基本操作技能的培养。

通过本课程学习,使学生对制造活动有一个总体的、全貌的了解与把握,能掌握金属切削过程的基本规律,掌握机械加工的基本知识,能选择加工方法与机床、刀具、夹具及加工参数,具备制订工艺规程的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识,初步具备分析解决现场工艺问题的能力。了解当今先进制造技术和先进制造模式的发展概况,初步具备对制造系统、制造模式进行选择决策的能力。为后续课程的学习及今后从事机械制造生产、管理工作打下坚实的基础。具体要求如下。

- (1) 掌握金属材料力学性能及其测试的基本方法,熟悉各种工程材料的使用及热处理方式。
- (2) 掌握金属切削的基本理论,具有根据加工条件合理选择刀具种类、刀具材料、刀具几何参数、切削用量及切削液的能力。
- (3) 熟悉各种机床的用途、工艺范围,具有通用机床传动链分析与调整的能力。
- (4) 掌握机械制造工艺的基本理论,具备制定机械加工工艺规程和装配工艺规程的能力,学会分析机械加工过程中产生误差的原因,并能针对具体工艺问题提出相应的改善措施。
- (5) 对机械制造技术的新发展有一定的了解。

为适应我国机械工业发展,培养高技能型制造技术应用型人才。在教育方式上,应构建“产、学、研”结合的新型教育模式。在教学方法上,要充分利用现代化教学设备(如网络教学系统、双向多媒体教学系统等),装备现代化实训设备(如数控实训基地等),以现代化教学手段进一步促进教育观念、教育体系、教育装备和师资队伍现代化。

1.3.3 课程的学习方法

结合实践环节,按照生产环节的要求理解、学习理论知识。“优质、高产、低成本”是指导机械制造技术工作的基本原则。机械制造工程人员的任务就是要在给定的生产条件下,按照预定的供货日期要求,最经济地制造出具有规定质量要求的机器。学习过程中要以此为主线联系各部分内容。

(1) 实践性强。本学科内容源于生产和科学实践,而技术理论的发展又促进和指导生产的发展。学习技术的目的在于应用,在于提高技术水平。因此,要坚持理论与实践并重,特别是注重实训、实验、专项设计等实践教学。多进工厂和实习车间,有利于消化和理解有关概念、原理和加工方法。多动手、多实践,可以更好地掌握机械加工技术。

(2) 涉及面广、内容丰富。本课程涉及的内容有材料、热处理、毛坯成形、切削原理、机床、刀具和制造工艺等。因此,要学会抓主要矛盾,解决主要问题。

习题

- 1-1 “机械制造技术”课程的特征有哪些?它与其他课程的区别是什么?
- 1-2 “机械制造技术”课程的性质与地位是什么?
- 1-3 机械制造业的发展方向是什么?并举例说明零件的制造方法。
- 1-4 机械制造技术的任务是什么?
- 1-5 学习机械制造技术应注意什么?你打算如何学好本课程?

第2章 金属材料力学性能

图2.1 低碳钢的拉伸曲线图

2.1 强度和塑性

金属材料的性能对零件的使用和加工有十分重要的作用,表2.1为金属材料性能的主要种类。在机械制造领域选用材料时,大多以力学性能为主要依据。

表2.1 金属材料的性能

性能种类	主要指标
力学性能	强度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳强度等
物理性能	密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性等
化学性能	耐腐蚀性、抗氧化性、化学稳定性等
工艺性能	铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等

力学性能是指材料在各种载荷作用下表现出来的抵抗力。主要的力学性能指标有强度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳强度等。

2.1.1 强度

强度是金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。根据载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度(σ_b)、抗压强度(σ_{bc})、抗弯强度(σ_{bb})和抗剪强度(σ_r)等。一般情况下多以抗拉强度作为判断金属强度大小的指标。

抗拉强度指标是通过金属拉伸试验测定的。按照标准规定,把标准试样装夹在拉伸试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸载荷,随载荷不断增加,试样逐渐产生变形而被拉长,直至试样被拉断为止。在试验过程中,试验机将自动记录下每一瞬时所施加载荷 F 和试样发生相应伸长变形量 Δl ,并绘制出载荷与变形间变化关系的曲线——拉伸曲线。

1. 拉伸曲线

图2.1为低碳钢的拉伸曲线图,以此为例说明拉伸过程中几个变形阶段(四个阶段)。

(1) oe ——弹性变形阶段。试样的伸长量与载荷成正比增加,此时若卸载,试样能完全

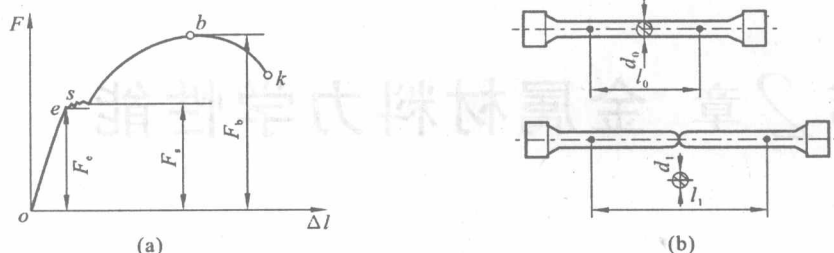


图 2.1 低碳钢的拉伸曲线图

恢复原状。 F_e 为能恢复原状的最大拉力。

(2) es ——屈服阶段。当载荷超过 F_e 后,试样除产生弹性变形外,开始出现塑性变形。当载荷增加到 F_s 时,图形上出现平台,即载荷不增加,试样继续伸长,材料丧失了抵抗变形的能力,这种现象叫做屈服。 F_s 称为屈服载荷。

(3) sb ——均匀塑性变形阶段。载荷超过 F_s 后,试样开始产生明显塑性变形,伸长量随载荷增加而增大。 F_b 为试样拉伸试验的最大载荷。

(4) bk ——缩颈阶段。载荷达到最大值 F_b 后,试样局部开始急剧缩小,出现“缩颈”现象,试样变形所需载荷也随之降低,到 k 点时试样发生断裂。

工程上使用的金属材料,并不是都有明显的四个阶段,对于脆性材料,就没有明显的四个阶段,弹性变形后马上发生断裂。

2. 强度指标

金属材料的强度是用应力来度量的。常用的强度指标有屈服点和抗拉强度。

(1) 屈服点 σ_s 。在拉伸过程中,载荷不增加,试样还继续发生变形的最小应力,单位为 MPa。

$$\sigma_s = F_s / A_0 \quad (2-1)$$

式中: F_s ——屈服时的最小载荷(N);

A_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

对于无明显屈服现象的金属材料(如铸铁、高碳钢等),通常规定产生 0.2% 塑性变形时的应力作为条件屈服点,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度 σ_b 。金属材料在拉断前所承受的最大应力,单位为 MPa。

$$\sigma_b = F_b / A_0 \quad (2-2)$$

式中: A_0 ——试样原始截面积(mm^2);

F_b ——试样拉断前所承受的最大载荷(N)。

屈服点和抗拉强度都是机械零件设计和选材的重要依据。机械零件在工作时,一般不允许产生明显的塑性变形。

2.1.2 塑性

塑性是金属材料在载荷作用下产生塑性变形(或永久变形)而不断裂的能力,塑性指标也是通过拉伸试验测定的。常用塑性指标是断后伸长率和断面收缩率。

1. 断后伸长率 δ

断后伸长率 ψ 是指拉伸试验中试样拉断后, 标距长度的相对伸长值, 即

$$\delta = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\% \quad (2-3)$$

式中: l_0 ——试样原始标距长度(mm);

l_1 ——试样被拉断时标距长度(mm)。

2. 断面收缩率 ψ

断面收缩率 ψ 是指拉伸试样拉断后试样截面积的收缩率, 即

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\% \quad (2-4)$$

式中: A_0 ——试样原始截面积(mm^2);

A_1 ——试样被拉断时缩颈处的最小截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 因此能更可靠地反映材料的塑性大小。

断后伸长率和断面收缩率数值愈大, 表明材料的塑性愈好。良好的塑性是保证顺利完成轧制、锻造、拉拔、冲压等成形工艺的必要条件, 也可避免机械零件在使用中万一超载而发生突然折断。

2.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗外物压入其表面的能力, 即金属材料抵抗局部塑性变形或破坏的能力。硬度是衡量金属材料软硬程度的指标, 实际上硬度是金属材料力学性能的一个综合物理量。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

2.2.1 布氏硬度

将一定直径的压头, 在一定的载荷下垂直压入试样表面, 保持规定的时间后卸载, 压痕表面所承受的平均应力值称为布氏硬度值, 以 HB 表示。图 2.2 为布氏硬度试验原理图。

$$HB = F / S_{\text{R}} = 0.102 \times 2F / [\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})] \quad (2-5)$$

式中: F ——试验力(N);

S_{R} ——压痕表面积(mm^2);

D ——球体直径(mm);

d ——压痕直径(mm)。

当试验压头为淬硬钢球时, 硬度符号为 HBS, 适于测量布氏硬度值小于 450 的材料; 当试验压头为硬质合金球时, 硬度符号为 HBW, 适于测量布氏硬度值小于 650 的材料。HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值, 例如, 120 HBS, 450 HBW 等。

布氏硬度压痕面积较大, 能较真实地反映出材料的平

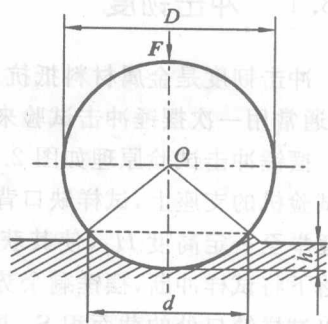


图 2.2 布氏硬度试验原理图

均性能,而不受个别组成相和微小不均匀度的影响,具有较高的测量精度。布氏硬度计主要用来测量灰铸铁、有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等材料。因压痕较大,布氏硬度不宜检验薄件或成品。

2.2.2 洛氏硬度

用规定的载荷,将顶角为 120° 的圆锥形金刚石压头或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压入金属表面,取其压痕深度计算硬度的大小,这种硬度称为洛氏硬度,用 HR 表示。

图 2.3 为洛氏硬度试验原理图。0—0 为金刚石压头没有与试样表面接触时的位置;1—1 为加初载后压头压入深度 ab ;2—2 为加主载后压头的位置,此时压头压入深度 ac ;卸除主载后,由于恢复弹性变形,压头位置提高到 3—3 位置。最后,压头受主载后实际压入表面的深度为 bd ,即洛氏硬度用 bd 大小来衡量。

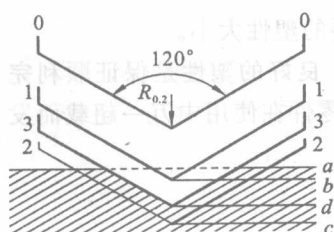


图 2.3 洛氏硬度试验原理图

HR = $K - bd/0.002$ (2-6)
式中: K ——常数(金刚石作压头, $K=100$; 钢球作压头, $K=130$)。

洛氏硬度计采用 A、B、C 三种标度对不同硬度材料进行试验,硬度分别用 HRA、HRB、HRC 表示。HRA 主要用于测量硬质合金、表面淬火钢等;HRB 主要用于测量软钢、退火钢、铜合金等;HRC 主要用于测量一般淬火钢件。

2.2.3 维氏硬度

用 $49\sim 981\text{ N}$ 的载荷,将顶角为 136° 的金刚石四方角锥体压头压入金属表面,将其压痕面积除以载荷所得之商称为维氏硬度 HV。它适用于测定厚度为 $0.3\sim 0.5\text{ mm}$ 的薄层材料,或厚度为 $0.03\sim 0.05\text{ mm}$ 的表面硬化层的硬度。

2.3 材料的韧度和疲劳强度

2.3.1 冲击韧度

冲击韧度是金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力,通常用一次摆锤冲击试验来测定。

摆锤冲击试验原理如图 2.4 所示。将标准试样安放在摆锤试验机的支座上,试样缺口背向摆锤,将具有一定重力 G 的摆锤举至一定高度 H_1 ,使其获得一定势能 GH_1 ,然后由此高度落下将试样冲断,摆锤剩余势能为 GH_2 。将冲击吸收功 A_K 除以试样缺口处的截面积 S_0 ,即可得到材料的冲击韧度 α_K ,计算公式如下:

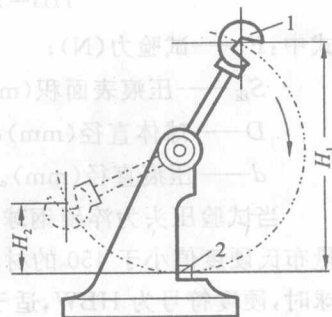


图 2.4 摆锤冲击试验原理图

1—摆锤; 2—试样

$$\alpha_K = A_K / S_0 = G(H_1 - H_2) / S_0 \quad (2-7)$$

式中: A_K ——冲击吸收功(J);

G ——摆锤的重力(N);

H_1 ——摆锤举起的高度(cm);

H_2 ——冲断试样后摆锤的高度(cm);

α_K ——冲击韧度(J/cm²);

S_0 ——试样缺口处截面积(cm²)。

使用不同类型的标准试样(U形缺口或V形缺口)进行试验时,冲击韧度分别以 α_{KU} 或 α_{KV} 表示。冲击韧度 α_K 值愈大,表明材料的韧性愈好,受到冲击时不易断裂。

2.3.2 疲劳强度

许多机械零件,如轴、齿轮、轴承、弹簧等,在工作中承受的是交变载荷。在这种载荷作用下,虽然零件所受应力远低于材料的屈服点,但在长期使用中往往会突然发生断裂,这种破坏过程称为疲劳断裂。

工程上规定,材料经无数次重复交变载荷作用而不发生断裂的最大应力称为疲劳强度。图 2.5 为通过试验测定的材料交变应力 σ 和断裂前应力循环次数 N 之间的关系曲线(疲劳曲线)。曲线表明,材料受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越小,反之,则 N 越大。当应力低于一定值时,试样经无限次循环也不破坏,此应力值称为材料的疲劳强度,用 σ_r 表示;对称循环 $r=-1$,疲劳极限用 σ_{-1} 表示。实际上工程规定,钢在经受 10^7 次、有色金属经受 10^8 次交变应力作用下,不发生破坏时的应力作为材料的疲劳强度。

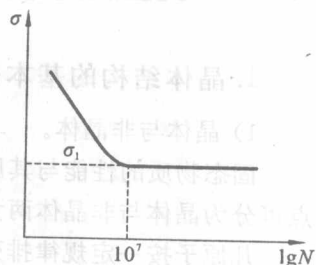


图 2.5 疲劳曲线

材料的疲劳强度与其合金化学成分、内部组织及缺陷、表面划痕及零件截面突然改变等有关。设计零件时,为了提高零件的疲劳强度,应改善结构设计避免应力集中;为了提高加工工艺性和减少内部组织缺陷,还可以通过降低零件表面粗糙度和表面强化方法(如表面淬火、喷丸处理等)来提高表面加工质量。

习题

- 2-1 何谓金属材料的力学性能? 常用的力学性能指标有哪些?
- 2-2 塑性好的材料和塑性差的材料在超负荷承载时造成断裂破坏,有什么不同的特点?
- 2-3 常用的硬度测量方法有哪些? 各适宜于何种场合?
- 2-4 什么是疲劳断裂? 如何避免?
- 2-5 冲击韧度是如何测量的?