



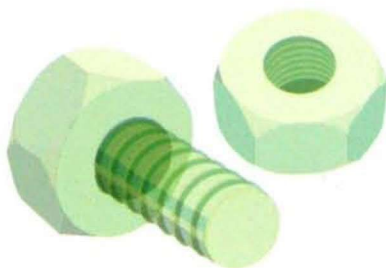
Jixie Zhizao Jichu



高职高专制造大类“十二五”规划教材

机械制 造 基 础

主编 ▲ 黎震 吴安德



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专制造大类“十二五”规划教材

机械制造基础

主 编	黎 震	吴安德		
副主编	吴东平	陈 虎	谢燕琴	潘 艳
参 编	马 彦	吴铁军	蒋 晔	陈 鹏
	宋艳丽	蔡 菊	范有雄	孙帮华
	梁 辉	刘国良	李国斌	张 洲
	方立志	范 军	郭艳艳	

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书是针对高职高专院校机电类专业的教学基本要求及高职高专专业技术基础课程综合化的趋势,结合教学改革、课程改革的经验而编写的教材。

本书主要包括工程材料与热处理、毛坯成形方法、公差配合与测量技术基础、机械加工基础、现代制造技术等五个部分,共二十一个项目的内容。

本书可作为高职高专院校机电类专业基础教材,也可作为有关院校相近专业的教材及相关岗位培训的教材。本书还可作为工程技术人员和自学人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/黎 震 吴安德 主编. —武汉: 华中科技大学出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-5609-7283-1

I. 机… II. ①黎… ②吴… III. 机械制造-高等教育-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166816 号

机械制造基础

黎 震 吴安德 主编

策划编辑: 彭中军

责任编辑: 彭中军

封面设计: 范翠璇

责任校对: 祝 菲

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: 武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷: 湖北通山金地印务有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 23.25

字 数: 580 千字

版 次: 2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 39.00 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

前言



制造技术是现代科学技术的重要组成部分。机械制造是现代科学技术和现代物质文明得以不断发展、创新的重要基础,许多专家都呼吁,在我国经济高速发展的今天,更要重视机械制造业的发展与技术的进步。机械制造技术是机电类专业学生知识结构中不可缺少的一部分。

为了适应职业教育和机电类专业人才培养模式改革的需要,满足新的人才培养目标对知识与能力结构的要求,编者根据近几年机电类专业高职高专教学的探索实践,将机电类专业的相同或相近的主干课程用课程综合化的方法压缩至机械理论基础、工艺基础、制造技术基础三部分之中。不同院校在使用时可按不同专业的要求进行取舍,各专业可另开设少量个性化的课程,这样既可以满足高职高专机电类各专业教学的需要,又可以减少课程数量、压缩理论教学课时数、保证实践环节的教学时间。本书是其中的工艺基础部分,结合高职高专院校中机电类专业课程体系和教学内容的改革情况,将金属工艺学、机械加工工艺、金属切削机床、先进制造技术等课程内容进行整合与优化,重构新的课程体系,针对高职高专生源状况,体现高职高专教学的特点。

本书的参考学时数为 130 学时,主要以成形工艺为主线,安排了工程材料、热处理、毛坯成形、公差与测量技术、切削加工及部分简单切削刀具、机床、机制工艺等内容,还单独安排了现代制造技术的内容。本书既有传统的机械制造工艺基础的知识,又有新技术、新知识的介绍。在编写中,不求对某一方面内容作全面深入的探讨,尽量从够用的原则出发组织内容,力求教材内容充实。书中的名词术语、计量单位、材料牌号,技术标准都采用现行的国家标准。

本书在编写过程中,得到江西工业工程职业技术学院、长沙职业技术学院、广州番禺职业技术学院、宁夏工商职业技术学院、辽阳职业技术学院、北京电子科技职业学院、东莞职业技术学院、随州职业技术学院、常州纺织服装职业技术学院、宜春学院、武汉交通职业学院、广东轻工职业技术学院、武汉软件工程职业学院、兰州职业技术学院、黄石职业技术学院、四川职业技术学院、武汉铁路职业技术学院等相关院校领导、教师的大力支持和多方帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写的时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,恳切希望广大读者给以批评指正。

编者
2011 年 11 月

目 录



绪论	1
第一部分 工程材料与热处理	5
项目一 材料的力学性能	5
1.1 强度和塑性	6
1.2 硬度	9
1.3 冲击韧度	13
1.4 疲劳强度	14
习题	15
项目二 铁碳合金	16
2.1 金属的晶体结构与结晶	16
2.2 合金的晶体结构、二元合金状态图	23
2.3 铁碳合金状态图	26
2.4 碳钢、铸铁	34
习题	46
项目三 钢的热处理	47
3.1 钢在加热时的转变	47
3.2 钢在冷却时的转变	50
3.3 热处理工艺	55
3.4 钢的表面热处理	61
习题	65
项目四 合金钢	67
4.1 合金钢的分类和编号	67
4.2 合金结构钢	68
4.3 合金工具钢	75
4.4 特殊性能钢	80
习题	84
项目五 有色金属	85
5.1 铝及铝合金	85
5.2 铜及铜合金	90
5.3 轴承合金	94
5.4 粉末冶金与硬质合金	96
习题	100
项目六 非金属材料	101



6.1	工程塑料的特性、分类与应用	101
6.2	复合材料的特性、分类与应用	104
6.3	其他非金属材料简介	106
	习题	107
项目七	零件和工具的选材及热处理	108
7.1	零件和工具的选材原则	108
7.2	热处理的技术条件及工序位置	109
7.3	典型零件和工具的选材及热处理	111
	习题	116
第二部分	毛坯成形方法	117
项目八	铸造	117
8.1	铸造工艺基础	117
8.2	砂型铸造	118
8.3	特种铸造	123
8.4	常用合金铸件的生产特点	127
	习题	131
项目九	锻压	132
9.1	锻压工艺基础	132
9.2	自由锻	137
9.3	模锻和胎模锻	143
9.4	板料冲压	147
	习题	152
项目十	焊接	153
10.1	焊接工艺基础	153
10.2	焊条电弧焊	156
10.3	其他常用的焊接方法	162
	习题	166
项目十一	毛坯选择	167
11.1	确定毛坯类型及成形方法的原则	167
11.2	典型零件的毛坯选择	169
	习题	170
第三部分	公差配合与测量技术基础	171
项目十二	尺寸公差与配合	171
12.1	基本术语及定义	171
12.2	标准公差与基本偏差系列	177



12.3 优先和常用配合·····	192
12.4 尺寸公差与配合的选用·····	195
习题·····	202
项目十三 形状和位置公差·····	203
13.1 基本概念·····	203
13.2 形状公差与位置公差·····	206
13.3 形状公差与位置公差的应用·····	216
习题·····	225
项目十四 表面粗糙度·····	228
14.1 主要术语及评定参数·····	228
14.2 表面粗糙度对零件功能的影响及其选择·····	231
14.3 表面粗糙度代号及其注法·····	234
习题·····	237
项目十五 测量方法·····	238
15.1 测量方法·····	238
15.2 常用量具及仪器·····	239
15.3 测量误差及其处理·····	247
15.4 形位误差测量方法·····	249
15.5 表面粗糙度的检测·····	252
习题·····	254
项目十六 尺寸链·····	255
16.1 尺寸链的基本概念·····	255
16.2 尺寸链的解算·····	257
习题·····	262
第四部分 机械加工基础·····	264
项目十七 金属切削加工基础知识·····	264
17.1 切削加工的运动分析和切削要素·····	264
17.2 切削刀具基本定义·····	268
17.3 刀具材料·····	272
17.4 切削过程中的物理现象·····	273
17.5 工件材料的可加工性·····	279
17.6 常用切削刀具·····	281
习题·····	288
项目十八 各种表面的加工·····	289
18.1 金属切削机床·····	289



18.2	外圆表面加工	292
18.3	内圆表面加工	296
18.4	平面加工	301
18.5	螺纹加工	305
18.6	齿轮的齿形加工	308
	习题	313
项目十九	机械加工工艺过程	314
19.1	机械加工工艺过程的基本知识	314
19.2	工艺规程的制定	321
	习题	324
第五部分	现代制造技术	325
项目二十	精密加工与特种加工	325
20.1	精密加工和超精密加工	325
20.2	特种加工	331
	习题	338
项目二十一	机械制造自动化	339
21.1	计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)	339
21.2	计算机辅助工艺规程设计(CAPP)	344
21.3	成组技术(GT)	346
21.4	数控加工(NC)	348
21.5	快速成形技术	351
21.6	工业机器人	357
21.7	柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)	360
	习题	362
参考文献		364

绪 论

“机械制造基础”是一门研究材料加工工艺的综合性技术学科。它是发展国民经济的重要基础学科之一。随着全球经济一体化进程的加快,我国的工业发展在面临越来越强的竞争和严峻挑战的同时,也获得了难得的机遇。

一、机械制造的一般概念

社会经济的发展有赖于科技进步,有赖于新技术、新工艺、新材料和新设备的广泛运用。机械制造业是否能够提供先进的设备,主要取决于机械制造业的发展水平。

机械制造一般指机器制造工艺过程的总称,主要包括将原材料转变为成品的各种劳动总和,包括生产技术准备、毛坯制造、零件加工、产品检测和装配等几个过程。

1. 生产技术准备过程

机器投产前,最主要的一项技术准备工作是制定工艺规程。在此项技术工作中需要完成正确选择材料、购置标准件、预制刀具、夹具、模具、装配工具、准备热处理设备和检测仪器等。

2. 毛坯制造过程

毛坯可通过多种方法获得,常用的毛坯制造方法有铸造、锻压、焊接和型材等。合理选择毛坯,能够显著提高生产率,并降低生产成本。

(1) 铸造。铸造常用于制造结构复杂,特别是内腔复杂或大型零件毛坯。当生产批量很大时,铸造方法也用于制造一些小型或结构简单的零件毛坯。

(2) 锻压。金属材料经锻压后,内部组织结构能得到改善,从而提高了力学性能,因此,常采用锻压加工获得主轴、连杆、重要齿轮等承受重载荷零件的毛坯。

(3) 焊接。焊接工艺过程简单,随着焊接技术的提高,现代工程中的一些金属结构和零件普遍采用焊接成形。

(4) 型材。圆棒料、板料、管料、角钢、槽钢、工字钢等均为型材。其中以圆棒料应用最广,用作螺钉、销钉、小型盘状零件和一般轴类零件的坯料,使用方便。板料、角钢、槽钢、工字钢等则普遍用于金属结构。

3. 零件加工过程

金属切削加工是目前加工零件的主要方法。常用的加工设备有车床、钻床、镗床、刨床、铣床、磨床、专用机床、特种加工机床等。加工方法、机床设备和刀具的合理选用将直接影响生产质量和效率。例如,车床加工和磨床加工均可用于轴的精加工。一般情况下,车床的加工精度低于磨床,但在车床上通过采用高切削速度、小进给量也能达到较高的精度,但加工的生产率 and 经济效益明显低于磨床加工。



4. 产品检测和装配过程

由若干个零件组成的机器,其精度为各个零件精度的总体反映,必须掌握零件精度与总体精度之间的关系,采取合理的工艺措施,使用合适的机床和工装夹具,以保证每个零件的精度要求。

零件的每一个加工工序中,加工误差是不可避免的,如何检验这些误差,在哪些工序之后设定检验工序,采用何种量具等问题,都必须全面考虑,合理安排。除了几何形状和尺寸之外,还有表面质量和内部性能的检验。例如缺陷检验、力学性能检验和金相组织检验等。

装配过程必须严格遵守技术条件规定才能生产出合格产品。例如,零件清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、接合面修磨、润滑剂施加及运转跑合,甚至油漆色泽和包装等,都不可掉以轻心。

二、机械零件工艺过程

1. 产品质量

机器制造依赖于完整的图纸(装配图、零件图)和各种技术文件及有关标准。机械制造过程中,尽管要考虑很多问题,但保证产品质量是前提。

零件是机械制造的基本单元。零件质量、装配质量与产品质量有很大关系,而零件质量又与材料性能,零件加工质量有关。因此,机械加工的首要任务就是要保证零件加工质量。

2. 工艺规程

生产中,直接改变原材料或毛坯的形状、尺寸和性能,使之成为产品的过程,称为工艺过程。铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等都属于工艺过程。把工艺过程合理化并编写成文件,如工艺卡片等,这类文件称为工艺规程。

零件的几何形状、尺寸、表面间相对位置和表面粗糙度,都有一定的技术要求,很多零件还有热处理要求。同一表面有时可用不同方法加工,有的要用几种方法顺序加工。根据零件的技术要求,选择各表面的合理加工方法、安排加工顺序、确定热处理方案、使零件在保证质量的前提下获得最佳经济效益,这就是工艺规程的基本内容。

实际生产中,不同的零件,由于其结构、形状和技术要求的不同,常需采用不同的加工方法,经过一系列加工过程才能完成。即使是同一个零件,由于生产条件不同,加工工艺也不尽相同,但在一定生产条件下,总有一种比较合理的工艺方案。因此,制定工艺规程时,要从工厂现有的生产设备和零件的生产批量出发,在保证产品质量的前提下,考虑提高生产率、降低成本和改善劳动条件等方面后,择优确定。

三、机械制造技术的发展简史

机械制造是在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的学科。几千年来,我国人民在机械制造发展的历史上写下了许多光辉的篇章。



早在商代,我国就有了冶炼、铸造青铜的技术,这个时代被称为青铜器时代。1939年在河南安阳出土了一个现存最大的商代青铜大鼎——司母戊大方鼎。鼎腹内有铭文,是商王为祭祀其母后而制的,现藏于中国历史博物馆。

春秋时期,中国就开始应用铸铁技术了,比欧洲要早 1 500 年,如吴王阖闾制造铁兵器,命干将铸剑,得雌雄两剑,雄名干将,雌名莫邪(莫邪是干将之妻,助夫铸剑)。由传说中的锋利情况,可以想象当时的技术之高超。

战国时期,中国人发明了“自然钢”的冶炼法,有了更先进的制剑技术,制剑长度超过 1 m。这些都说明那时已有了冶铸、锻造、锻焊和热处理等技术。中国古代对钢铁进行加工的主要成形方法是“锻”,最重要的热处理方法是“淬”。

中国铁器生产在西汉时期达到全盛时期。这时,农具及日用品多已用铁制造。到了公元 7 世纪,有了锡焊和银焊。到 8 世纪,有了手工操作车床。在明朝有了很多简单的切削加工设备,如铣、刨、钻、磨削等。清初,曾用马作动力,使用直径近两丈的嵌片铣刀,铣削天文仪的大铜环。

从商周、春秋战国到唐、宋、元、明,中国人民在冶炼技术和机械制造工艺方面走在世界前列。鸦片战争以后,中国受到帝国主义列强的侵略和国内反动统治阶级的压迫,变成一个半殖民地、半封建的社会,科学技术越来越落后。中华人民共和国成立以后,我国的机械制造业有了飞速发展,仅就机械制造而言,建立了飞机、汽车、轮船等生产基地。机械制造从运用普通机床迅猛发展为运用自动化机床、自动生产线、数控机床、机械加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统、多级计算机控制的全自动化无人工厂等。今天的光辉成就,使人赞叹不已。但是我们也要看到差距,中国人民勤劳而有志气,要坚定信心,奋起直追,为赶超世界机械制造业的先进水平而奋发努力。

四、工程材料与机械制造技术的发展趋势

进入 21 世纪,现代科学技术飞跃发展。材料技术、能源技术、信息技术成为现代人类文明的三大支柱。现在,世界上已有传统材料数十万种,并且新材料的品种正以每年大约 5% 的速度在增长。多种多样的金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料给社会生产和人们生活带来了巨大的变化。在工程材料的研究和应用方面,传统钢铁材料不断扩大品种规模,不断提高质量并降低成本,在冶炼、浇铸、加工和热处理等工艺上不断革新,出现了炉外精炼、连铸连轧、控制轧制等新工艺,微合金钢、低合金高强度钢、双相钢等新钢种不断涌现;在非铁金属及其合金方面,出现了高纯高韧铝合金、高温铝合金、高强高韧和高温钛合金,先进的镍基、铁基、铬基高温合金、难熔金属合金及稀有金属合金等;快速冷凝金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、定向凝固柱晶和单晶合金等许多新型高性能金属材料和磁性材料、形状记忆合金等功能材料也层出不穷。

在机械加工工艺方面,各种特种加工和特种处理工艺方法也日益繁多。传统的机械制造工艺过程正在发生变化,如铸造、压力加工、焊接、热处理、胶接、切削加工、表面处理等生产环



节采用高效专用设备和先进工艺,普遍实行工艺专业化和机械生产自动化;为适应产品更新换代周期短、品种规格多样化的需要,高效柔性加工系统获得迅速发展;计算机集成制造系统把计算机辅助设计系统(CAD)、计算机辅助制造系统(CAM)与生产管理信息系统(MIS)综合成一个有机整体,实现了机械制造过程高度自动化,极大地提高了劳动生产率和社会经济效益。这是 21 世纪制造业的发展方向。

五、课程性质、特点和研究对象

机械制造基础是机制、机电类专业的一门重要的综合性的专业基础课。学习这门课程,不仅要使学生在常用工程材料、毛坯与零件成形方法、公差配合与技术测量、切削加工等方面获得必要的基础知识,更重要的是培养学生在工程材料和工艺设计方面具有解决实际问题的能力。

在教学计划中,本课程之前应修的课程主要有机械制图、机械基础及金工实习等。通过实习,学生初步熟悉了毛坯和零件的成形和加工方法、材料的使用、设备和工具的使用,并对主要工种具有一定的操作能力。这样,才能更好地学习本课程,并为学习有关后续课程及今后从事专业工作打下坚实的基础。

本课程研究的对象是工程材料和机械加工工艺过程中的基本知识。工程材料部分,以剖析铁碳合金的金相组织为基础,以介绍工程材料的性质和合理选材为重点。毛坯成形方法部分,以铸造、锻压和焊接工艺为基础,介绍毛坯件的结构设计知识,以合理选择毛坯的成形方法为重点。公差配合与测量技术部分,主要介绍公差配合的基本概念、合理选择、几何量测量技术的应用。切削加工部分,着眼于总结金工实习,把感性认识上升到理论高度,进而归纳成系统性知识,初步掌握机械制造工艺的全过程。

综上所述,本课程涉及工程材料、热处理、公差配合与技术测量和机械加工工艺等方面的主要内容。从高职高专教育培养目标和教学计划出发,在讲清工程材料的基础上,以成形工艺方法为主线,融多门课程于一体,具有内容精、容量大、综合性强的鲜明特点。



第一部分 工程材料与热处理

机电产品是由种类繁多、性能各异的工程材料通过加工制成的零件所构成的。

工程材料一般可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料等几大类。其中金属材料是工程材料中应用最广泛的一类,它分为黑色金属和有色金属两种类型。

项目一 材料的力学性能

金属材料的性能是指用来表征材料在给定外界条件下的行为参量,通常包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料为了保证零件、工程构件或工具等的正常工作,材料所应具备的性能,包括力学、物理、化学等方面的性能,它决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命等。工艺性能是指金属材料在被制成各种零件、构件和工具的过程中,材料适应各种冷、热加工的性能,主要包括铸造、锻压、焊接、切削加工、热处理等方面的性能,它决定材料是否易于加工或如何进行加工等。

本项目仅简单介绍金属材料的力学性能。

材料在外力作用下所表现的一些性能(如强度、硬度、韧性等),称为材料的力学性能,也称力学性能。它是设计零件、选择材料、验收和鉴定材料性能的重要依据之一。

1. 载荷

金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式外力的作用,这种外力称为载荷。根据载荷性质、零件受力情况可分为静载荷和动载荷两类。

(1) 静载荷是指大小不变或变动缓慢的载荷,如机床床头箱对床身的压力、钢索的拉力等。

(2) 动载荷包括冲击载荷和交变载荷,如空气锤锤杆所受的冲击力,齿轮、曲轴、弹簧等零件所承受的大小与方向是随时间而变化的载荷等。

2. 变形

当金属材料受到载荷作用时,它会引起零部件形状和尺寸的变化,这种变化称为变形,包括弹性变形和塑性变形,当变形超过某一限度时,就会导致断裂。

(1) 弹性变形是指金属材料的变形随着载荷的作用而产生,随着载荷的去除而消失的现象。

(2) 塑性变形是指金属材料的变形随着载荷的作用而产生,随着载荷的去除不能完全消



除的变形。

3. 应力

无论何种固体材料,其内部原子之间都存在相互平衡的原子结合力。当材料受外力作用时,原来的平衡状态受到破坏,材料中任何一个小单元与其邻近的各小单元之间就诱发了新的力,称为内力。单位截面上的内力,称为应力。

当载荷性质、环境温度与介质等外在因素改变时,对材料力学性能的要求也不同。金属材料的力学性能主要是指强度、硬度、塑性和韧性等。

1.1 强度和塑性

1.1.1 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。由于所受载荷的形式不同,金属材料的强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪强度等,各种强度之间有一定的联系。一般情况下,多以静载荷作用下抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定的。拉伸试验的方法是用静拉伸力对标准试样进行轴向拉伸,同时连续测量力和相应的伸长,直至断裂。根据测得的数据,即可求出有关的力学性能。

1. 拉伸试样

为了使金属材料的力学性能指标在测试时能排除因试样形状、尺寸的不同而造成的影响,并便于分析比较,试验时应先将被测金属材料制成标准试样。如图 1-1 所示为圆形拉伸试样。

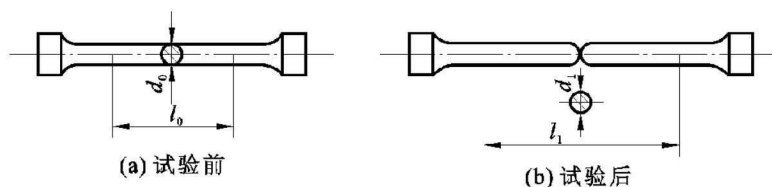


图 1-1 圆形拉伸试样

图 1-1 中, d_0 是试样的直径, l_0 是标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。

2. 力-伸长曲线

拉伸试验中记录的拉伸力与伸长的关系曲线称力-伸长曲线,也称拉伸图。图 1-2 是低碳钢的力-伸长曲线,图中:纵坐标表示力 F ,单位为 N;横坐标表示绝对伸长 Δl ,单位为 mm。由图可见,低碳钢在拉伸过程中,其载荷与变形关系有以下几个阶段。

(1) 弹性变形阶段(op)。当载荷不超过 F_p 时,拉伸曲线为直线,即试样的伸长量与载荷成正比,产生弹性变形。 F_p 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉力。

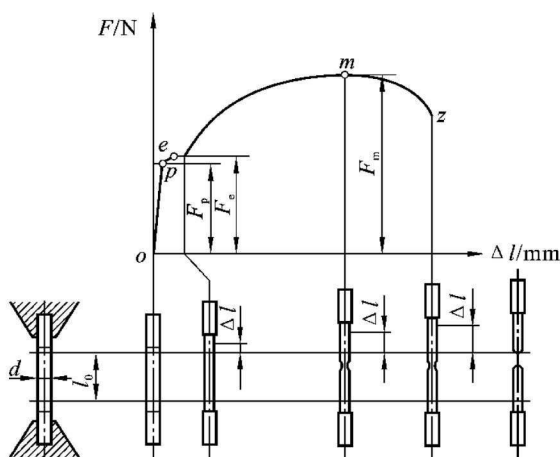


图 1-2 低碳钢力-伸长曲线

(2) 塑性变形阶段(pe)。当载荷超过 F_p 后,试样将进一步伸长,此时,若卸除载荷,试样的变形不能完全消失,而是保留一部分残余变形,试样开始产生塑性变形。

(3) 屈服阶段(em)。当载荷达到 F_e 时,拉伸曲线出现了水平或锯齿形线段,这表明在载荷基本不变的情况下,试样却继续变形,这种现象称为“屈服”。引起试样屈服的载荷称为屈服载荷。

(4) 缩颈阶段(mz)。当载荷超过 F_e 后,试样的伸长量与载荷以曲线关系上升,但曲线的斜率比 op 段的斜率小,即载荷的增加量不大,而试样的伸长量却很大,这表明在超过 F_e 后,试样已开始产生大量的塑性变形。当载荷继续增加到某一最大值 F_m 时,试样的局部截面缩小,产生所谓的“缩颈”现象。由于试样局部截面的逐渐缩小,故载荷也逐渐降低,当达到拉伸曲线上 z 点时,试样随即断裂。

在试样产生缩颈以前,由载荷所引起试样的伸长,基本上是沿着整个试样标距长度内发生的,属于均匀变形;缩颈后,试样的伸长主要发生在颈部的一段长度内,属于集中变形。

许多金属材料没有明显的屈服现象,有些脆性材料不仅没有屈服现象,而且也不产生“缩颈”现象,如铸铁等。

3. 强度指标

强度指标是用应力值来表示的,主要有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度。屈服强度是使材料产生屈服现象时的最小应力,屈服强度分为上屈服强度和下屈服强度,分别用 R_{eH} 和 R_{eL} 表示。

上屈服强度的计算公式为

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \quad (1-1)$$

式中: R_{eH} ——上屈服强度,使试样产生屈服而载荷首次下降前的最高应力,MPa;



F_{eH} ——上屈服载荷,使试样产生屈服而载荷首次下降前的最高载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

下屈服强度的计算公式为

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad (1-2)$$

式中: R_{eL} ——下屈服强度,即在屈服期间的恒定应力或不计初始瞬间时效应时的最小应力,MPa;

F_{eL} ——下屈服载荷,即在屈服期间的恒定载荷或不计初始瞬间时效应时的最小载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

一般常用的屈服强度指标与旧标准中的 σ_s 含义相同。

对于低塑性材料或脆性材料,按照国家标准 GB/T 228—2002 规定,可用规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 表示。 $R_{r0.2}$ 表示卸载后,试样的规定残余伸长率达到 0.2% 时所对应的应力,其计算公式为

$$R_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S_0} \quad (1-3)$$

式中: $R_{r0.2}$ ——规定残余延伸强度,MPa;

$F_{r0.2}$ ——规定残余伸长率达到 0.2% 时所对应的载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

屈服强度 R_{eL} 和规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。机械零件在工作时,如果受力过大,则会因为过量塑性变形而失效。

(2) 抗拉强度。试样断裂前能够承受的最大应力,称为抗拉强度,用 R_m 表示,其计算公式为

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \quad (1-4)$$

式中: R_m ——抗拉强度,MPa;

F_m ——试样断裂前所能承受的最大载荷,N;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 。

零件在工作过程中所承受的应力如果超过了抗拉强度,就会发生断裂。因此,在设计机械零件时,抗拉强度是重要的依据之一,同时,也是评定金属材料强度的重要指标。

1.1.2 塑性

金属发生塑性变形但不破坏的能力称为塑性。在拉伸时它们用断后伸长率和断面收缩率表示。

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉伸断裂时的绝对伸长量与原始长度比值的百分率,用符号 A 表



示,即

$$A = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: A ——断后伸长率, %;

l_0 ——试样的原始标距长度, mm;

l_1 ——试样拉断时的标距长度, mm。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后, 试样断口处横截面积的缩减量与原始横截面积之比值的百分率, 用符号 Z 表示, 即

$$Z = \frac{\Delta S}{S_0} \times 100\% = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: Z ——断面收缩率, %;

S_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样断裂处的横截面积, mm^2 。

必须说明, 断后伸长率的大小与试样的尺寸有关。试样长短不同, 测得的断后伸长率也是不同的。对于同一材料而言, 短试样所得的断后伸长率要比长试样测得的断后伸长率大一些, 两者不能直接进行比较。断面收缩率不受试样尺寸的影响, 它能比较确切地反应金属材料的塑性。

A 和 Z 的数值越大时, 材料的塑性越好。塑性好的金属材料易通过塑性变形加工成复杂的零件, 例如: 低碳钢的塑性较好, 故可以进行锻压; 普通铸铁的塑性差, 因而不能进行锻压, 只能进行铸造。另外, 塑性好的材料在受力过大时, 首先产生塑性变形, 不会因稍有超载而突然断裂, 这就增加了材料使用的安全可靠。

1.2 硬度

硬度是指金属表面抵抗塑性变形和破坏的能力。它是金属材料的重要性能之一, 也是检验机械零件质量的一项重要指标。由于测定硬度的试验设备比较简单, 操作方便、迅速, 又属无损检验, 故在生产和科研中应用都十分广泛。

测定硬度的方法比较多, 其中常用的硬度测定法是压入法, 它是用一定的静载荷(压力)把压头压在金属表面上, 然后通过测定压痕的面积或深度来确定其硬度。常用的硬度试验方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

1.2.1 布氏硬度

1. 布氏硬度的测定原理

布氏硬度的测定原理是用一定大小的载荷 F , 把直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属表面, 保持一定时间后卸除载荷, 用金属表面压痕的面积 S 除载荷 F 所得的商作为