



21世纪高等职业教育规划教材
机电系列

机械制造基础

J I X I E Z H I Z A O J I C H U

■ 主编 高虹静 程洪涛
杨晓光
■ 主审 周国柱



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

JIDIANXILIE

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

机械制造基础

主 编 高虹静 程洪涛 杨晓光

副主编 甘作朝 沙 莉 苏 明
陈传艳 成长胜

编 者 (以姓氏笔画为序)

甘作朝 (沙市职业大学)

华云宗 (黄冈科技职业学院)

成长胜 (咸宁职业技术学院)

吴金柱 (湖北生态工程职业技术学院)

张 辉 (黄冈科技职业学院)

张卫利 (湖北国土资源职业学院)

李桂芹 (武汉工业职业技术学院)

杨晓光 (黄冈科技职业学院)

沙 莉 (武汉工业职业技术学院)

苏 明 (湖北国土资源职业学院)

陈 斌 (沙市职业大学)

陈传艳 (湖北水利水电职业技术学院)

岳予生 (湖北国土资源职业学院)

高虹静 (武汉船舶职业技术学院)

程洪涛 (襄樊职业技术学院)

黎 楠 (湖北水利水电职业技术学院)

魏阿玲 (湖北国土资源职业学院)

主 审 周国柱

内 容 简 介

本书是 21 世纪高等职业教育机电系列教材之一。在努力贯彻以“应用为目的,以必需、够用为度,以岗位实用为准”的改革思路指导下,通过对涉及机械制造相关基本理论和基本知识的整合撰写而成。其主要内容包括机械工程材料及毛坯成型工艺、测量技术基础、金属切削原理、机械制造工艺装备、机械加工工艺规程设计、典型零件加工工艺、零件的机械加工质量、机器装配工艺基础、先进制造技术简介等。在此基础上,为了拓宽学生的知识面,本书还简要介绍了国内外高度重视、大力发展的相关先进制造技术。

本书概念清楚,内容简明,重点突出,并且各章均附有习题与思考题,便于学生加强对所学内容的巩固。本书可用作高职高专相关专业的教学用书,也可供从事机械设计制造的工程技术人员参考使用。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/高虹静,程洪涛,杨晓光主编. —武汉:华中师范大学出版社,2007.8

(21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-5622-3561-3

I. 机... II. ①高... ②程... ③杨... III. 机械制造—高等学校:技术学校—教材 IV. TH
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108359 号

机械制造基础

主 编:高虹静 程洪涛 杨晓光 ©

选题策划:第二编辑室

电话:027-67867362

出版发行:华中师范大学出版社

地 址:武汉市武昌珞喻路 152 号 邮编:430079

销售电话:027-67863040 67863426 67867076

邮购电话:027-67861321 传真:027-67863291

网 址: <http://www.ccnpublish.com>

电子信箱:hschs@public.wh.hb.cn

经 销:新华书店湖北发行所

督 印:章光琼

印 刷 者:湖北恒泰印务有限公司

责任编辑:杨 毅

责任校对:方汉交

封面设计:罗明波

开本/规格:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:360 千字

版次/印次:2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—4 500

定 价:22.00 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027-67861321。

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

编审委员会

顾 问 (以姓氏笔画为序)

王 为 刘建萍 刘晓静 周少华
周国柱 罗元文 郑新建 胡松林
赵大兴

委 员 (以姓氏笔画为序)

王结南 王贵槐 刘合群 阮班强
余佑财 吴水萍 吴定智 张晓红
杨晓光 苏 明 苏朱勇 陈少艾
单小容 周文嵩 赵昌后 徐得志
郭建农 高虹静 崔西武 程洪涛
蔡慧玲

总 序

制造业是国民经济的支柱产业,机械制造业是制造业的重要组成部分,它为国民经济各部门和国防建设提供各种技术装备,为人类生产物质财富,创造价值。没有发达的制造业就不可能有国家的真正繁荣昌盛。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济和国力必然强大。大多数国家和地区经济腾飞,国力强盛,制造业是功不可没的。美国近 70% 的财富来源于制造业,日本国民经济总产值的近 50% 是由制造业提供的,制造业在我国工业总产值中所占比重为 40%。对任何国家而言,制造业均应是整个工业及国民经济、国防建设的基石,而制造技术则是国家经济持续发展的动力,亦是在世界经济激烈市场竞争中赢得一席之地的根本保障。20 世纪 70 年代,美国有一批学者鼓吹制造业是“夕阳工业”,美国已进入“后工业化社会”,致使美国制造业日益衰退,产品的市场竞争力下降,贸易逆差剧增,其制造业的生存空间不断萎缩。如此惨痛的教训引起企业界、学术界和政府部门的普遍重视,20 世纪 80 年代末期,美国终于认识到:“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”,“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”。

现代机械制造技术的总的趋势是机械制造科技、材料科技、电子科技、信息科技、管理科技、环保科技和生命科技的相互交叉和融合。近 30 年来,新材料不断涌现,材料的强度、刚度、硬度、耐热性不断提高,推动了制造业的发展。随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术和通讯技术的发展,机械制造业发生了深刻的变化,出现了电子束加工、离子束加工、超声波加工、激光加工等特种加工方法,突破了传统的金属切削方法,促进了难加工材料加工、复杂型面加工、微细加工等领域的发展;精密加工的精度已从微米级提高到了纳米级,纳米技术与微型机械已成为 21 世纪的核心技术;先进制造技术异军突起,在现代管理技术、现代工程设计技术、现代制造技术和现代物流技术等方面涌现出诸如成组技术、数控技术、计算机集成制造技术、并行工程、准时生产、精益生产、智能制造、虚拟制造、柔性制造、敏捷制造、网络制造、快速原型制造、绿色制造、传感技术、工业机器人等一系列新技术,现代制造技术面临不断的开发和创新。

我国的机械制造业借改革开放之东风已取得长足的发展,充分利用国内外的技术资源,使制造技术、产品质量和经济效益有了显著的提高,但与发达国家相比,仍然存在明显的差距,主要表现在出口的机械产品以中低档为主,高新技术机电产品、成套设备出口比例较低,产品竞争力不强。面对经济的全球化和贸易的自由化,市场竞争愈演愈烈,我国机械制造业正承受着国际市场竞争的巨大压力。但是,改革的不断深入和对外开放的不断扩大为我国制造业的发

展提供了良好的机遇。尤其令人欣慰的是,大力发展先进制造技术引起了我国的高度重视,已形成既定的国策。挑战和机遇并存,我们应该面对挑战,抓住机遇,练好内功,大胆创新,提高我国机械制造业的技术水平和能力,提高我国产品的国际竞争力,争取拥有控制市场的主动权。

现代先进制造技术并不摒弃传统的制造技术,而是运用不断涌现的科学技术成果不断地去充实和改造它。这一理念可作为我们编写“21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列”的借鉴。当前高职院校机电类专业是一个机电一体化的宽口径专业,而现行的机电类专业课程体系明显偏重于机械方面,这与当前专业所处的机电一体化定位格局很不适应;另外,高职院校目前所采用的机电系列教材大多不能满足现代机械制造业的发展水平,不仅内容陈旧落后,而且各门课程之间各自独立,有的重复,有的脱节,不能有机地相互融合渗透。因此,编写一套反映时代要求的高质量的教材是当前高职院校机电专业建设的当务之急。为此,华中师范大学出版社组织了多所高职院校机电类专业的教师致力于本系列教材的撰写工作,力争把这套教材编成在全国具有较强竞争力的精品系列教材。这套教材包括《机械制造基础》、《机械设计基础》、《数控机床操作与编程》、《机械制图》、《机械制图习题集》、《互换性与测量技术基础》、《液压与气压传动》、《Pro/ENGINEER 造型、模具及加工基础教程》等共 8 本,计划在 2007 年—2008 年两年内出版完成全部教材。

由于本系列教材参编人员较多,水平和能力难免参差不齐,书中一定会有许多不尽如人意之处,因此恳请广大读者和同仁提出批评和建议。

丛书编委会
2007 年 6 月 10 日

前 言

随着高新科技同机械行业的结合,现代机电产品不再是单纯的机构构件,而是由机械、电子、计算机等技术有机集成的所谓“机电信息一体化”产品。因此,现代机械制造越来越多地体现着知识经济的特征,“以人为本”的新概念正在取代“以技术为本”、“以先进设备为本”等传统观念。在这种趋势下,当今社会对机电类高素质人才的需求也随之发生的变化,人才的创新能力、实践能力需要大力加强,知识结构也需要向通用广泛和适应性强等方向转化。

现代机电工程就是机械工程科技与信息科技的紧密结合,离开了基础和实践,一切将会成为空谈。所谓“九层之台,起于垒土”,“千里之行,始于足下”就是这个道理。然而,目前我国绝大多数高职院校所采用的机电系列教材都没能充分体现出代机电行业的发展水平,而且其内容陈旧、落后,各门课程间相互独立,相关知识未能有机地渗透和融合在一起,有的高职院校甚至直接使用本科教材,偏离了高职教育的培养的目标和方向。

为顺应高等职业教育的潮流,满足当前教学之急需,遵照教育部《关于加强高职、高专教育人才培养工作的意见》中“应用为目的,以必需、够用为度,以岗位为准”的人才培养目标,编写了《机械制造基础》教材,该教材具有以下特点:

1. 教材精简性突出。本教材简化了复杂的理论推导,突出重点,以点带面,在注重基本知识和基本理论阐述的同时,更注重理论联系实际,突出了对学生动手能力的培养。

2. 教材实践性突出。本教材通过对传统机械制造的四门主要专业课程即:金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计及机械制造工艺学的整合,内容上基本涵盖了机械制造过程中的基本知识,并且通过实例来进一步诠释基本理论,突出其实践性很强的特点。

3. 教材现代性突出。本教材在介绍有关机械制造的基本概念和基本知识的同时,还注重吸收、反映机械制造技术发展的新内容和新知识。在全书中均采用了国家最新标准(含术语、代号、计量单位等)。

4. 教材系统性突出。本教材是面向高职、高专学生使用的“21 世纪高等职业教育规划教材 机电系列”教材之一,本教材既独立成册,又与该系列其他教材相互渗透,融会贯通。本书由高虹静、程洪涛、杨晓光担任主编,由甘作朝、沙莉、苏明、陈传艳、成长胜担任副主编。全书共九章,其中第一章由李桂芹编写;第二章由魏阿玲编写;第三章由陈传艳编写;第四章由高虹静编写;第五章由程洪涛编写;第六章由甘作朝编写;第七章由沙莉编写;第八章由杨晓光编写;第九章由黎楠编写。黄冈科技职业学院华云宗、张辉,咸宁职业技术学院成长胜,湖北生态工程职业技术学院吴金柱,湖北国土资源职业学院苏明、岳予生、张卫利,沙市职业大学陈斌参加了全书编写及书稿整理工作。

本书由湖北工业大学周国柱教授担任主审,他对全书进行了认真细致的审阅,提出了许多宝贵修改意见,在此表示衷心的感谢!同时也特别感谢华中师范大学出版社给予的大力支持与帮助。

由于编者水平所限,书中难免存在不少缺点,甚至谬误,敬希广大读者批评指正。期待读者与主编联系(E-mail: gao@bvi-marine. com. hk),以便再版时修订。

编 者

2007 年 6 月

目 录

第1章 机械工程材料及毛坯成型工艺	1
1.1 金属材料的力学性能	1
1.1.1 金属材料的机械性能	1
1.1.2 金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能	4
1.2 常见金属材料	4
1.2.1 钢	4
1.2.2 铸铁	6
1.2.3 有色金属	7
1.2.4 硬质合金	8
1.3 常见非金属工程材料	8
1.3.1 工程塑料	8
1.3.2 陶瓷材料	8
1.3.3 橡胶	8
1.3.4 复合材料	9
1.4 钢的热处理	9
1.4.1 金属及合金的晶体结构	9
1.4.2 铁碳合金及其状态图	11
1.4.3 钢的热处理的基本原理	13
1.4.4 钢的热处理的基本工艺	14
1.4.5 钢的表面热处理	16
1.5 铸造成型工艺	17
1.5.1 铸造成型工艺的特点	17
1.5.2 砂型铸造	17
1.5.3 特种铸造	21
1.6 压力加工成型工艺	22
1.6.1 压力加工成型工艺的特点	22
1.6.2 金属的加热	23
1.6.3 自由锻造	23
1.6.4 模型锻造	24
1.6.5 板料冲压	26
1.7 焊接成型工艺	26
1.7.1 焊接成型工艺的特点	26

1.7.2 手工电弧焊	27
1.7.3 气焊与气割	28
1.7.4 其他焊接方法简介	29
习题与思考题	30
第2章 测量技术基础	31
2.1 测量技术基础知识	31
2.1.1 互换性与标准化	31
2.1.2 极限的基本定义与基本术语	31
2.2 配合的基本概念	32
2.2.1 配合的定义与基本术语	32
2.2.2 配合公差	34
2.3 孔、轴的尺寸公差	34
2.3.1 基准制	34
2.3.2 基本偏差	35
2.3.3 极限与配合的应用	37
2.4 形状、位置公差	41
2.4.1 基本概念	41
2.4.2 形位公差的特征代号及标注	42
2.4.3 形状公差和位置公差	45
2.5 表面粗糙度	48
2.5.1 基本概念	48
2.5.2 表面粗糙度的评定指标	49
2.5.3 表面粗糙度的符号及标注	50
习题与思考题	51
第3章 金属切削原理	53
3.1 金属切削加工的基本知识	53
3.1.1 切削运动	53
3.1.2 切削用量	54
3.1.3 切削层参数	55
3.2 金属切削刀具的基本知识	55
3.2.1 刀具材料的性能及选用	55
3.2.2 刀具角度	56
3.2.3 刀具的种类和用途	58
3.3 切削力、切削热和切削温度	61
3.3.1 切削力的产生、切削合力、切削分力及切削效率	61
3.3.2 切削热和切削温度	62

3.4 刀具磨损和刀具耐用度	63
3.4.1 刀具磨损的原因、形态及过程	63
3.4.2 刀具耐用度的定义及其选用	67
3.5 工件材料的切削加工性	67
3.5.1 衡量工件材料的切削加工性的指标	67
3.5.2 改善材料的切削加工性的途径	69
3.6 切削液	70
3.6.1 切削液的功用	70
3.6.2 切削液的类型和选用	71
习题与思考题	72
第4章 机械制造工艺装备	73
4.1 金属切削机床的基本知识	73
4.1.1 机床的分类及型号	73
4.1.2 机床的运动	75
4.1.3 机床的传动	76
4.2 车床及车削加工	78
4.2.1 车床的加工范围及车削加工特点	78
4.2.2 CA6140 型卧式车床	79
4.2.3 其他车床	82
4.3 铣床及铣削加工	83
4.3.1 铣床的加工范围及铣削加工特点	83
4.3.2 X6132 型万能升降台铣床	84
4.3.3 其他铣床	85
4.4 其他各类机床	86
4.4.1 钻床	86
4.4.2 镗床	88
4.4.3 组合机床	90
4.5 数控机床	91
4.5.1 数控机床的特点和工作原理	92
4.5.2 数控机床的类型	94
4.6 机床夹具	95
4.6.1 概述	95
4.6.2 基准	98
4.6.3 定位原理及定位元件	99
4.6.4 工件的夹紧	104
习题与思考题	107

第5章 机械加工工艺规程设计	108
5.1 基本概念	108
5.1.1 生产过程和工艺过程	108
5.1.2 生产纲领与生产类型	115
5.1.3 机械加工的经济精度	116
5.2 零件的工艺分析及工艺审查	118
5.2.1 零件的结构工艺性分析	118
5.2.2 零件的技术条件分析与审查	120
5.3 定位基准的选择	121
5.3.1 粗基准的选择	121
5.3.2 精基准的选择	122
5.3.3 辅助基准	123
5.4 工艺路线的拟定	124
5.4.1 加工方法的选择	124
5.4.2 加工阶段的划分	126
5.4.3 工序的集中与分散	127
5.4.4 工序顺序的安排	128
5.5 加工余量的确定	129
5.5.1 加工余量的基本概念	129
5.5.2 影响加工余量的因素	131
5.5.3 确定加工余量的方法	132
5.6 工序尺寸及其公差的确定	132
5.6.1 基准重合时工序尺寸及其公差的确定	132
5.6.2 基准不重合时工序尺寸及其公差的确定	133
5.7 机械加工生产率与技术经济分析	136
5.7.1 机械加工生产率分析	136
5.7.2 工艺过程的技术经济分析	137
习题与思考题	138
第6章 典型零件加工工艺	139
6.1 轴类零件的加工	139
6.1.1 轴类零件的结构特点、材料、毛坯、热处理及加工精度分析	139
6.1.2 轴类零件的加工工艺过程分析	140
6.1.3 轴类零件加工的主要工序分析	141
6.2 套筒类零件的加工	143
6.2.1 套筒类零件的结构特点、材料、毛坯、热处理及加工精度分析	143
6.2.2 套筒类零件的加工工艺过程分析	145

6.2.3 套筒类零件加工的主要工序分析	145
6.3 箱体类零件的加工	149
6.3.1 箱体类零件的结构特点、材料、毛坯、热处理及加工精度分析	149
6.3.2 箱体类零件的加工工艺过程分析	150
6.3.3 箱体类零件加工的主要工序分析	154
习题与思考题	156
第7章 零件的机械加工质量	158
7.1 零件加工质量的概述	158
7.1.1 零件的机械加工精度	158
7.1.2 机械加工表面质量	158
7.2 工艺系统的几何误差	159
7.2.1 原理误差	159
7.2.2 机床误差	159
7.2.3 夹具制造误差和磨损	162
7.2.4 刀具制造误差和磨损	164
7.2.5 调整误差	164
7.3 工艺系统受力变形引起的加工误差	165
7.3.1 工艺系统的刚度	165
7.3.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响	167
7.3.3 工件残余应力引起的加工误差	169
7.3.4 减少工艺系统受力变形的措施	170
7.4 工艺系统热变形引起的加工误差	170
7.4.1 工件热变形对加工精度的影响	170
7.4.2 刀具热变形对加工精度的影响	171
7.4.3 机床热变形对加工精度的影响	171
7.5 提高加工精度的工艺措施	172
7.6 机械加工表面质量	172
7.6.1 影响表面粗糙度的主要因素及其控制措施	172
7.6.2 影响表面层物理、机械性能的主要因素及表面强化工艺	173
习题与思考题	176
第8章 机器装配工艺基础	177
8.1 装配工作的基本内容	177
8.1.1 装配工作的主要内容	177
8.1.2 装配工作的组织形式	178
8.2 装配精度与装配尺寸链	178
8.2.1 装配精度及其影响因素	178

8.2.2 装配尺寸链	179
8.3 保证装配精度的装配方法	182
8.3.1 互换装配法	182
8.3.2 选择装配法	189
8.3.3 调整装配法	190
8.3.4 修配装配法	191
8.4 装配工艺规程的制订	192
8.4.1 制订装配工艺规程所需资料及原则	192
8.4.2 制订装配工艺规程的方法和步骤	193
习题与思考题	194
第9章 先进制造技术简介	195
9.1 概述	195
9.2 成组技术	195
9.2.1 成组技术的基本概念	195
9.2.2 成组生产的组织形式	196
9.3 计算机辅助制造技术基础	197
9.3.1 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)	197
9.3.2 计算机辅助工艺规程(CAPP)	199
9.4 并行工程技术(CE)	201
9.4.1 并行工程技术及其特点	201
9.4.2 并行工程的效益	203
9.5 精益生产	203
9.5.1 精益生产的特征	203
9.5.2 精益生产的体系	204
9.6 敏捷制造(AM)	205
9.6.1 敏捷制造的特点	205
9.7 其他	206
9.7.1 微细制造技术	206
9.7.2 柔性制造系统	207
9.7.3 智能制造系统(IMS)	209
9.7.4 计算机集成制造系统(CIMS)	210
9.7.5 管理信息系统(MIS)	212
习题与思考题	213
参考文献	214

第1章 机械工程材料及毛坯成型工艺

金属材料的力学性能、常用的金属材料和非金属材料、钢的热处理原理及常用的热处理方法。铸造成型工艺的特点、砂型铸造和特种铸造成型工艺。压力加工成型工艺的特点、自由锻造、模型锻造和板料冲击的成型工艺。焊接成型工艺的特点、手工电弧焊、气焊和气割的基本工作原理和成型工艺。

1.1 金属材料的力学性能

1.1.1 金属材料的机械性能

金属材料的机械性能也叫力学性能,它是指其在载荷作用下抵抗变形或破坏的能力。它的主要力学性能指标有强度、刚度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

1. 强度和塑性

金属材料的强度和塑性一般通过拉伸实验来确定。

(1) 拉伸曲线

将被测材料做成一定直径的拉伸试样(图 1-1),试验进行时,实验机钳口夹住试样,然后慢慢增加负载,试样逐步变形伸长,直到被拉断为止。在整个试验过程中,试验机自动记录每一瞬间试样上的载荷 F 和伸长量 ΔL ,并绘出两者的关系曲线,称为拉伸曲线。

图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线,以此为例说明拉伸过程中的几个变形阶段。

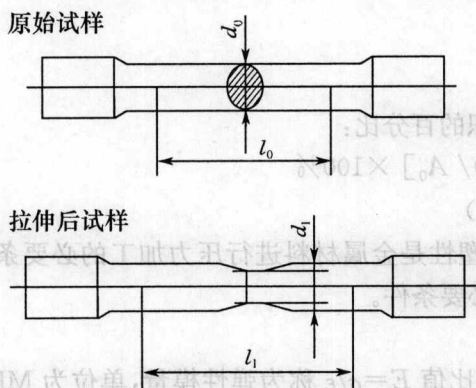


图 1-1 拉伸实验

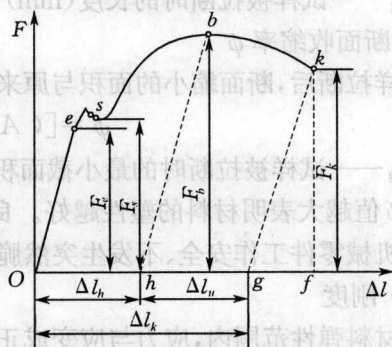


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

① 弹性变形阶段(Oe) 载荷与伸长量成正比,若此时载荷撤除,试样将恢复原状。这种随载荷撤消而消失的变形就是弹性变形。

② 屈服阶段(es) 当载荷超过 F_e 后,试样开始出现塑性变形,被进一步拉长,若载荷撤除,试样不能恢复原来长度。当载荷增加到 F_s 时,图形上出现平台,表明此时载荷不增加而试样继续伸长,这种现象称为屈服。

③ 均匀塑性变形阶段(sb) 当载荷超过 F_s 后,伸长量随载荷增加而增加,产生明显的塑

性变形。

④ 缩颈阶段(b_k) 当载荷达到最大值 F_b 后,试件上某一截面开始急剧缩小,出现“缩颈”现象,试样变形所需载荷也随之降低,到 k 时发生断裂。

(2) 强度

强度是指金属材料在载荷作用下抵抗塑性变形和破坏的能力。

① 屈服强度 σ_s

屈服强度指金属材料开始明显出现塑性变形时的最低应力(MPa)。

$$\sigma_s = F_s / A_0$$

式中: F_s ——屈服时的载荷(N)

A_0 ——试样原始截面积(mm^2)

对于在生产中使用的无明显屈服现象的金属材料,国标上规定以产生 0.2% 塑性变形时的应力作为该材料的屈服强度,称为条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

② 抗拉强度 σ_b

金属材料在断裂前所能承受的最大应力(MPa)。

$$\sigma_b = F_b / A_0 \quad (1-1)$$

式中: F_b ——试样断裂前的最大载荷(N)

A_0 ——试样原始截面积(mm^2)

(3) 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率。

① 伸长率 δ

试样拉断后的伸长量与原来长度的百分比:

$$\delta = [(L_1 - L_0) / L_0] \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: L_0 ——试样原始长度(mm)

L_1 ——试样被拉断时的长度(mm)

② 断面收缩率 ψ

试样拉断后,断面缩小的面积与原来截面积的百分比:

$$\psi = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: A_1 ——试样被拉断时的最小截面积(mm^2)

δ 、 ψ 值越大表明材料的塑性越好。良好的塑性是金属材料进行压力加工的必要条件,也是保证机械零件工作安全、不发生突然脆断的必要条件。

(4) 刚度

在材料弹性范围内,应力与应变成正比,其比值 $E = \sigma / \epsilon$ 称为弹性模量,单位为 MPa。弹性模量 E 标志着材料抵抗变形的能力,用以表示材料的刚度。

2. 硬度

硬度是指金属材料表面抵抗局部塑性变形或破坏的能力,它是衡量金属材料软硬程度的指标。硬度的测试方法有很多,目前生产中应用最广的有布氏硬度、洛氏硬度等。

(1) 布氏硬度 HB

用一直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头,在载荷 P 的作用下压入被测试金属表面,保持一定时间后卸载,压痕表面所承受的平均应力值即为布氏硬度值。图 1-3 为其试验原

理图。布氏硬度符号有 HBS 和 HBW 两种,前者所用压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料;后者压头为硬质合金,适用于布氏硬度值低于 650 的金属材料。HBS 和 HBW 前面的数值为硬度值。

布氏硬度测试法具有较高的测量精度,但因压痕较大,故不宜测试成品件或薄片金属的硬度。

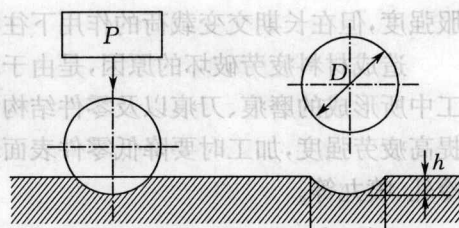


图 1-3 布氏硬度法

(2) 洛氏硬度 HR

在洛氏试验机上用一锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.558mm 的淬火钢球为压头,以规定的载荷压入被测试金属材料表面,根据压痕深度可直接在洛氏硬度计的指示盘上读出硬度值。洛氏硬度测定的原理如图 1-4 所示。常用的洛氏硬度指标有 HRA、HRB 和 HRC 三种。最常用的是 HRC,其测量硬度值范围是 25HRA~100HRA,用于测量有色金属、退火和正火钢及锻铁等。

洛氏硬度测试和操作迅速、简便,且压痕小、不损伤工件表面,故适于成品检验。

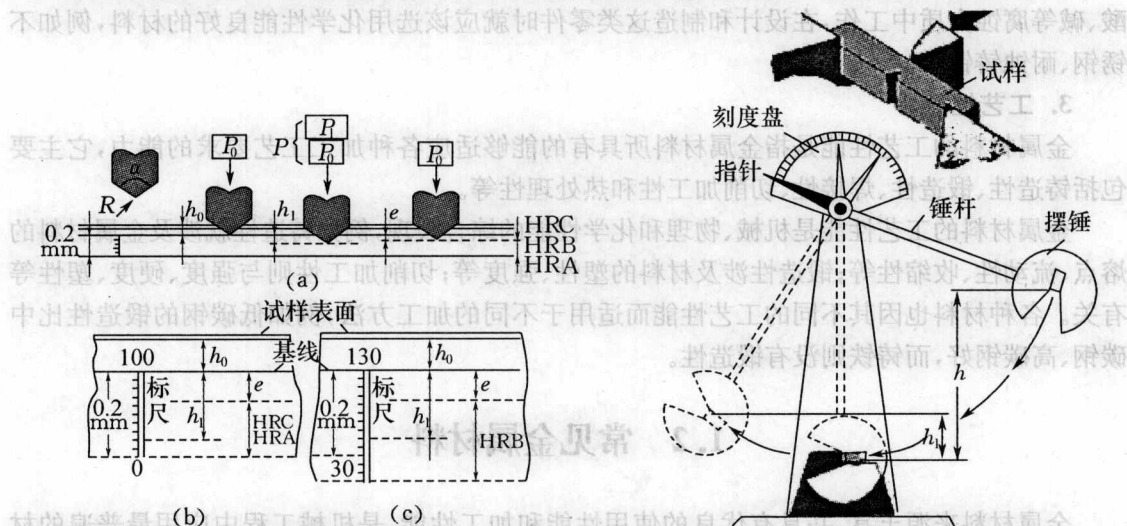


图 1-4 洛氏硬度测定原理图

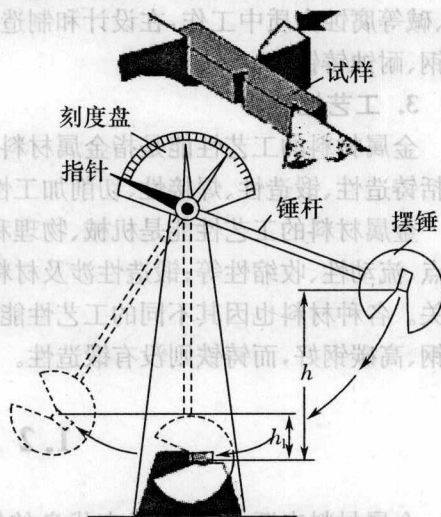


图 1-5 一次摆锤冲击弯曲试验

3. 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为冲击韧性 (J/cm^2), 用 A_k 表示。常用一次摆锤冲击弯曲试验测定(图 1-5), 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, 将质量为 m 的摆锤提升到 h 高度落下把试样一次冲断, 并降到 h_1 高度, 则材料的冲击韧性为:

$$A_k = mg(h - h_1) \quad (1-4)$$

A_k 可从试验机的刻度盘上直接读取。 A_k 值越大, 则材料的韧性就越好。 A_k 值低的材料叫做脆性材料, A_k 值高的材料叫韧性材料。很多零件, 如齿轮、连杆等, 工作时会受到很大的冲击载荷, 因此要用 A_k 值高的材料制造。

4. 疲劳强度

在规律性变化应力的长期作用下, 材料抵抗破坏的能力称为疲劳强度。显然, 材料疲劳强度的大小与应力的变化次数有关。比如轴、齿轮、螺栓等, 虽然零件所受应力远低于材料的屈

服强度,但在长期交变载荷的作用下往往会突然发生断裂,这种现象叫疲劳断裂。

造成材料疲劳破坏的原因,是由于材料内部的缺陷(如气孔、夹杂物存在)和材料在机械加工中所形成的磨痕、刀痕以及零件结构设计不当等因素造成应力集中,使疲劳强度下降。为了提高疲劳强度,加工时要降低零件表面粗糙度或采用表面强化处理,如表面淬火、渗氮、渗碳及冷轧、喷丸等。

1.1.2 金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能

1. 物理性能

金属材料的物理性能主要有导电性、导热性、热膨胀性和磁性等。根据金属制件不同的用途,对材料的物理性能要求也不同。比如,电器零件就要求有良好的导电性;材料的红硬性和导热性对于切削刀具就是重要的性能指标。所以,在选择金属材料时,除考虑满足其他性能外,还必须使其物理性能符合使用要求。

2. 化学性能

金属材料的化学性能主要指抗氧化性、耐腐蚀性等。有些金属制件需要严格防锈或需在酸、碱等腐蚀介质中工作,在设计和制造这类零件时就应该选用化学性能良好的材料,例如不锈钢、耐蚀铸铁等。

3. 工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料所具有的能够适应各种加工工艺要求的能力,它主要包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。

金属材料的工艺性能是机械、物理和化学性能的综合表现,例如铸造性就涉及金属材料的熔点、流动性、收缩性等;锻造性涉及材料的塑性、强度等;切削加工性则与强度、硬度、塑性等有关。各种材料也因其不同的工艺性能而适用于不同的加工方法,例如低碳钢的锻造性比中碳钢、高碳钢好,而铸铁则没有锻造性。

1.2 常见金属材料

金属材料来源丰富,并具有优良的使用性能和加工性能,是机械工程中应用最普遍的材料,常用以制造机械设备、工具、模具等。金属材料大致可分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指钢和铸铁;有色金属是指黑色以外的金属及其合金,如铜合金、铝及铝合金等。

1.2.1 钢

钢分为碳素钢(简称碳钢)和合金钢两大类。

1. 碳素钢

碳钢是指碳的质量分数 ω_c 为 0.0218%~2.11% 的铁碳合金,并含有少量硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)杂质的铁碳合金。工业用碳钢的含碳量一般为 0.05%~1.35%。

(1) 碳素钢的分类

碳素钢常见的有以下三种分类方法。

① 按钢的含碳量多少分:

低碳钢, $\omega_c \leq 0.25\%$; 中碳钢, $0.25\% \leq \omega_c \leq 0.6\%$; 高碳钢, $\omega_c > 0.6\%$ 。

② 按钢的质量(即按钢含有害元素 S、P 的多少)分: