



高等职业教育机电类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIAN LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

- 主 编 周正元
- 副主编 赖华清
- 主 审 刘进球

机械制造 基础

JIXIE ZHIZAO J I C H U



电子科技大学出版社

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

机械制造基础

主 编 周正元

副主编 赖华清

主 审 刘进球

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 周正元主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2008.8

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81114-918-0

I. 机… II. 周… 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(2008)第 108180 号

内 容 简 介

本书是为适应我国迅速发展的高等职业教育的改革而编写的应用型示范教材。

全书共分为 10 章, 内容主要包括: 机械制造常用的金属材料的种类、性能、典型用途及热处理方法; 零件毛坯的成型方法; 机械零件的尺寸和形位误差的检测; 金属切削原理及金属切削条件的合理选择; 典型通用金属切削机床的运动分析、工件安装、所用刀具及典型加工; 工件在夹具中的定位、夹紧及典型机床夹具; 机械加工工艺规程制定的步骤与方法; 典型零件的加工工艺; 装配的工艺过程及常用机构的装配; 先进制造技术等。

本书具有简明、实用、综合性强的特点, 可供高职高专机电类及相关专业使用, 也可供社会职业教育培训使用, 还可作为其他相关专业师生的教学参考书。

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

机械制造基础

主 编 周正元

副主编 赖华清

主 审 刘进球

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 朱 丹

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川省地质矿产局测绘队印刷厂

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 24 字数 584 千字

版 次: 2008 年 8 月第一版

印 次: 2008 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-918-0

定 价: 41.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

市场经济的迅猛发展,对我国的高等职业技术教育提出了更高的要求。如何在两到三年内培养出适应生产、技术、管理、服务一线急需的高技能应用型人才成为当务之急。由于职业教育的特点,理论教学时数的压缩成为必然。但如何在有限的学时内使学生掌握机械制造过程中必备的基本理论知识和基本技能,为后续学习以及走上工作岗位后具备持续发展的能力,是许多从事高等职业教育工作者正在探讨的问题。

为了适应我院国家级示范性高等职业院校建设及教学改革不断深入的需要,根据机械类专业或机械为主的机电工程类专业培养目标的要求,本编写组对机械基础类课程及相关教学环节进行了积极的改革探索,将机电类专业基础课程教材整合为《机械制图与计算机绘图》、《机械设计基础》及《机械制造基础》三本书。本书在高职机电类专业教学改革实践基础上,对传统的机械制造工艺、工程材料、公差与测量技术、机床夹具等多门课程进行整合,结合多年的教学和工程实践经验编写而成。本教材具有如下特点:

(1) 根据国家教材规划中对职业教育的少学时、宽内容的要求,全书参考学时为 84~92 学时。在内容安排上,基本知识点的选取以“必需”与“够用”为度,使教师和学生好教好学。

(2) 注重应用。着重基本知识的应用与实践,删除了一些理论性较强的计算与公式推导,列举了较多的工程实例,由浅入深,由简到繁,贴近实际应用。

(3) 实用性强。本书列举了较多的与机械制造有关的图表、标准以及使用图例,以便查找使用。

(4) 本教材按照教学规律对教学内容进行了删减、重组和精练,使各章之间既有联系,又有一定的独立性。每章都有习题和实训与实验项目,有配套的教学多媒体课件及相应的教学录像,便于不同类型的学校或不同专业选用和组织教学。

参加本书编写工作的有:常州信息职业技术学院周正元(编写绪论、第 1 章、第 5 章、第 7 章、第 9 章、第 10 章的第 1~2 节);赖华清(编写第 2 章);储岩(编写第 6 章);苏佩群(编写第 8 章);杨桂府(编写第 3 章);王磊(编写第 4 章);四川工程职业技术学院李志宏(编写第 1 章的第 1 节、第 10 章的第 3 节)。全书由周正元担任主编并统稿,赖华清担任副主编,刘进球担任主审。本教材在编写过程中,得到了常州信息职业技术学院领导、相关教师及一些企业单位的工程技术人员的大力支持和帮助,在此一并表示由衷的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,尽管已经为本书的编写做出了巨大的努力,但仍难免有不妥乃至错误之处,欢迎读者批评指正。

编者

2008 年 5 月

目 录

绪论.....	1
第1章 机械工程材料与热处理.....	3
1.1 金属材料的力学性能.....	3
1.1.1 强度和塑性.....	3
1.1.2 硬度.....	5
1.1.3 韧性.....	7
1.2 铁碳合金的基本成分、组织、性能之间的关系.....	8
1.2.1 铁碳合金的基本组织.....	8
1.2.2 铁碳合金平衡图.....	11
1.2.3 钢的成分、组织、性能之间的关系.....	14
1.3 钢的热处理.....	15
1.3.1 钢在加热及冷却时的组织转变.....	16
1.3.2 钢的退火、正火、淬火、回火.....	19
1.3.3 钢的表面处理方法.....	24
1.4 碳素钢.....	26
1.4.1 碳素钢的分类.....	27
1.4.2 碳素钢的牌号、性能和用途.....	27
1.5 合金钢.....	30
1.5.1 合金元素在钢中的作用.....	30
1.5.2 合金钢的分类、牌号表示方法.....	31
1.5.3 合金钢的性能和用途.....	32
1.6 铸铁.....	37
1.6.1 铸铁的石墨化.....	37
1.6.2 灰铸铁.....	38
1.6.3 可锻铸铁.....	40
1.6.4 球墨铸铁.....	41
1.7 有色金属.....	42
1.7.1 铝及铝合金.....	42
1.7.2 铜及铜合金.....	44
1.8 硬质合金和超硬刀具材料.....	46
1.8.1 硬质合金材料及性能.....	46
1.8.2 超硬刀具材料及性能.....	48
1.8.3 陶瓷材料及性能.....	48
本章小结.....	50

习题一.....	50
实验与实训.....	52
第2章 零件毛坯的成型方法.....	53
2.1 铸造.....	53
2.1.1 砂型铸造.....	53
2.1.2 常用铸造金属及其铸造性能.....	57
2.1.3 铸造工艺设计基础.....	59
2.1.4 铸件结构工艺性.....	61
2.1.5 特种铸造.....	64
2.2 锻压加工.....	66
2.2.1 金属的塑性变形.....	66
2.2.2 锻造.....	68
2.2.3 冲压.....	72
2.3 焊接.....	75
2.3.1 常用焊接方法.....	75
2.3.2 常用金属的焊接性能.....	80
2.3.3 焊件变形和焊件的结构工艺性.....	81
本章小结.....	83
习题二.....	84
实验与实训.....	85
第3章 机械零件的检测.....	86
3.1 测量技术基础知识.....	86
3.1.1 计量的概念.....	86
3.1.2 测量与检验.....	86
3.1.3 长度基准和量值传递.....	86
3.1.4 量块.....	87
3.2 测量误差.....	89
3.2.1 测量误差的来源.....	89
3.2.2 测量误差的分类.....	90
3.2.3 测量不确定度.....	90
3.3 孔、轴尺寸公差检测.....	90
3.3.1 普通计量器具测量孔、轴尺寸.....	90
3.3.2 光滑极限量规检验孔、轴尺寸.....	94
3.4 形状和位置误差的检测.....	96
3.4.1 形状和位置误差的检测原则与评定.....	96
3.4.2 形位和位置误差的检测.....	101
3.5 表面粗糙度的检测.....	108

3.5.1 表面粗糙度的评定参数.....	108
3.5.2 表面粗糙度的检测.....	109
本章小结.....	112
习题三.....	112
实验与实训.....	113
第4章 金属切削原理.....	114
4.1 金属切削的基本定义.....	114
4.1.1 切削运动.....	114
4.1.2 切削过程中的工件表面.....	114
4.1.3 切削用量.....	115
4.1.4 刀具的几何参数.....	116
4.1.5 切削层参数.....	121
4.2 金属切削过程的物理现象.....	122
4.2.1 切削层的变形.....	122
4.2.2 切削力.....	125
4.2.3 切削热与切削温度.....	128
4.3 刀具的磨损与刀具的耐用度.....	129
4.3.1 刀具磨损的形式.....	130
4.3.2 刀具磨损的原因.....	130
4.3.3 刀具磨损过程及磨钝标准.....	131
4.3.4 刀具耐用度.....	132
4.4 工件材料的切削加工性.....	133
4.4.1 材料切削加工性的评定.....	133
4.4.2 影响材料切削加工性的主要因素.....	134
4.4.3 常用金属材料的切削加工性.....	135
4.4.4 改善金属材料切削加工性的途径.....	136
4.5 金属切削条件的合理选择.....	136
4.5.1 刀具材料的选择.....	136
4.5.2 刀具几何参数的选择.....	137
4.5.3 刀具耐用度的选择.....	142
4.5.4 切削用量的选择.....	142
4.5.5 切削液的选择.....	145
本章小结.....	146
习题四.....	146
实验与实训.....	147
第5章 金属切削机床与加工.....	148
5.1 金属切削机床的分类与编号.....	148

5.1.1	金属切削机床的分类	148
5.1.2	机床型号的编制方法	149
5.2	车削加工	151
5.2.1	车削加工概述	151
5.2.2	车床	152
5.2.3	工件在车床上的安装	156
5.2.4	车刀种类	159
5.2.5	车削加工	160
5.3	铣削加工	166
5.3.1	铣削加工概述	166
5.3.2	铣床	167
5.3.3	工件在铣床上的安装	171
5.3.4	铣刀与铣削方式	174
5.3.5	铣削加工	176
5.4	磨削加工	178
5.4.1	磨削加工概述	178
5.4.2	磨床	179
5.4.3	砂轮	181
5.4.4	工件的安装与磨削加工	184
5.5	齿轮加工	189
5.5.1	成型法	189
5.5.2	展成法	191
5.6	钻削与镗削	194
5.6.1	钻削加工	194
5.6.2	镗削加工	198
5.7	刨削与拉削	200
5.7.1	刨削加工	200
5.7.2	拉削加工	203
5.8	机械加工质量	204
5.8.1	加工精度与表面质量的概念	204
5.8.2	影响机械加工精度的因素	206
5.8.3	影响机械加工表面质量的因素	211
5.8.4	提高机械加工质量的途径与方法	212
	本章小结	216
	习题五	216
	实验与实训	217
第 6 章	机床夹具	218
6.1	概述	218

6.1.1 机床夹具在机械加工中的作用	218
6.1.2 机床夹具的分类	218
6.1.3 机床夹具的组成	219
6.2 工件在夹具中的定位	220
6.2.1 工件定位的基本原理	220
6.2.2 常见的定位方式及其所用定位元件	224
6.3 工件在夹具中的夹紧	232
6.3.1 夹紧装置的组成及要求	233
6.3.2 夹紧力的确定	233
6.3.3 典型夹紧机构及其特点	236
6.4 各类机床夹具简介	241
6.4.1 车床常用夹具	241
6.4.2 铣床常用夹具	242
6.4.3 钻床常用夹具	244
6.4.4 镗床常用夹具	246
本章小结	248
习题六	248
实验与实训	250
第 7 章 机械加工工艺规程的制定	251
7.1 概述	251
7.1.1 生产过程	251
7.1.2 机械加工工艺过程及其组成	251
7.1.3 生产类型及其工艺特征	254
7.1.4 机械加工工艺规程制定的原则和步骤	256
7.2 零件工艺性分析与毛坯的选择	258
7.2.1 原始资料准备及产品工艺性分析	258
7.2.2 零件工艺性分析	258
7.2.3 毛坯的选择	261
7.3 基准的选择与机械加工工艺路线的拟定	263
7.3.1 定位基准的选择	263
7.3.2 表面加工方法的确定	267
7.3.3 加工阶段的划分	271
7.3.4 加工顺序的安排	272
7.4 工序设计	273
7.4.1 加工余量的确定	273
7.4.2 工序尺寸及其公差的确定	277
7.4.3 机床与工艺装备的选择	283
7.4.4 时间定额的确定	284

7.5 提高机械加工生产率的工艺措施	285
7.5.1 采用工艺措施缩短工艺时间	285
7.5.2 采用先进工艺方法	287
7.5.3 高效及自动化加工的应用	288
本章小结	288
习题七	288
实验与实训	292
第8章 典型零件加工工艺	293
8.1 轴类零件加工	293
8.1.1 概述	293
8.1.2 轴类零件加工的工艺问题分析	294
8.1.3 阶梯轴加工工艺	299
8.1.4 轴类零件的检验	300
8.2 套筒类零件加工	304
8.2.1 概述	304
8.2.2 套筒类零件加工工艺问题分析及典型工艺	305
8.2.3 深孔加工	308
8.2.4 套筒类零件的检验	309
8.3 箱体类零件的加工	309
8.3.1 概述	309
8.3.2 箱体类零件加工的主要工艺问题	311
8.3.3 圆柱齿轮减速器箱体加工工艺	313
8.3.4 箱体类零件的检验	316
8.4 圆柱齿轮加工	317
8.4.1 概述	317
8.4.2 圆柱齿轮加工的主要工艺问题	319
8.4.3 典型圆柱齿轮的加工工艺	320
8.4.4 圆柱齿轮的检验	324
本章小结	325
习题八	325
实验与实训	325
第9章 装配工艺	326
9.1 概述	326
9.1.1 装配的工艺过程	326
9.1.2 常用装配工具	327
9.1.3 装配方法	330
9.2 常用机构装配	333

9.2.1	可拆卸连接件的装配	333
9.2.2	传动机构的装配	338
9.2.3	滚动轴承的装配	342
9.3	单级圆柱齿轮减速器的装配	345
9.3.1	减速器的结构及工作原理	345
9.3.2	减速器装配的主要技术要求	345
9.3.3	减速器的装配工艺过程	347
	本章小结	350
	习题九	351
	实验与实训	351
第 10 章	先进制造技术简介	352
10.1	快速原型制造技术	352
10.1.1	RPM 技术的产生与发展	352
10.1.2	RPM 技术原理	352
10.1.3	典型的 RPM 工艺方法	353
10.1.4	RPM 技术的应用	355
10.2	高速加工技术	357
10.2.1	高速加工的概念与特征	357
10.2.2	高速加工技术的发展	358
10.2.3	高速切削加工的关键技术	359
10.2.4	高速加工的应用	362
10.3	超精密加工技术	363
10.3.1	概述	363
10.3.2	超精密切削加工	364
10.3.3	超精密磨削加工	366
10.3.4	影响超精密加工的主要因素	368
	本章小结	370
	习题十	370
	实验与实训	370
	参考文献	371

绪 论

1. 机械制造业及其在国民经济中的地位

机械制造是将制造资源（物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力），通过制造过程，转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的过程。

社会生产的各行各业，如航空航天、电力电子、交通运输、轻纺食品、农牧机械乃至人们的日常生活中，都使用着各种各样的机器、机械、仪器和工具，它们的品种、数量和性能极大地影响着这些行业的生产能力、质量水平及经济效益等。这些机器、机械、仪器和工具统称为机械装备，它们的大部分构件都是一些具有一定形状和尺寸的金属零件。能够生产这些零件并将其装配成机械装备的工业，称为机械制造业。显然，机械制造业的主要任务，就是向国民经济的各行各业提供先进的机械装备。因此，机械制造业是国民经济发展的坚实基础和有力支柱，其规模和水平是反映国家经济实力和科学技术水平的重要标志。

2. 机械制造技术国内外状况

近年来，随着现代科学技术的发展，特别是微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展，机械制造业的各方面都已发生了深刻的变革。一方面以提高加工效率、加工精度为特点，向纵深方向发展，如特种加工、快速成型技术、高速加工技术、超精密加工技术等，加工精度达纳米级（ $0.001\mu\text{m}$ ），切削钢的速度超过 1000m/min ；另一方面，以机械制造与设计一体化、机械制造与管理一体化为特征，向综合方向发展，如 CAD/CAE/CAM 一体化技术、制造资源计划 MRP II、敏捷制造等。

我国的机械制造业经过 50 多年的发展，特别是近 30 年来的改革开放，我国已经建立了自己独立的、门类齐全的工业体系，机床、汽车、航天航空等技术难度较大的机械制造业得到快速发展，取得了举世瞩目的成就。中国制造业的规模仅次于美国、日本和德国，已排在世界第四位。但是，与发达国家相比，我国机械制造业从工艺到装备都存在阶段性差距，自主产权的制造技术落后，制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一。机械制造业任重而道远。

3. 本课程的性质、主要研究内容、学习要求及学习方法

机械制造基础课程是机械类专业或近机类专业的一门主干技术基础课程，是学生学习其他专业课程的基础。

本课程涵盖了机械制造过程的大部分内容，主要有常用机械工程材料与热处理、零件毛坯的成型方法、机械零件的检测方法、金属切削原理及金属切削条件的合理选择、典型金属切削机床及切削加工、机床夹具基础知识及典型机床夹具、机械加工工艺规程的制定、典型零件的加工工艺、装配的工艺过程及常用机构的装配、先进制造技术等。其任务是使学生掌握机械制造过程中常用材料、机械零件尺寸和形位误差测量及机械加工的基础知识，了解其基本工艺过程，为学习其他有关课程和从事生产技术工作打下必要的基础。

通过本课程的学习，使学生达到下列基本要求：

（1）掌握工程材料和热处理基本知识，具有合理选择常用机械工程材料和热处理方法的能力；

(2) 了解零件毛坯成型方法, 具有选用毛坯及成型方法的能力;

(3) 掌握机械零件的检测方法;

(4) 掌握金属切削加工原理及加工工艺基本知识, 具有选用零件切削加工方法、编制典型零件的机械加工工艺规程、解决机械加工过程中的常见问题的初步能力;

(5) 了解有关新材料、新工艺及先进制造技术。

本课程的综合性和实践性很强, 涉及的知识面也很广。因此, 学生在学习本课程前, 一般要进行车工、钳工等实践环节学习, 获得加工制造的感性知识; 在学习本课程相关章节时, 除了重视其中必要的基本概念、基本理论外, 要通过实物模型、电化教学、现场教学、工厂参观及实训等方式, 理论联系实际, 注重实践知识的学习和积累。课程结束后, 可通过课程设计环节, 提高相关知识的综合应用能力。

第 1 章 机械工程材料与热处理

【学习目标】

1. 了解金属材料的力学性能，了解硬质合金和超硬刀具材料；
2. 理解 Fe-Fe₃C 相图及铁碳合金成分、组织、性能之间的关系；
3. 掌握典型钢铁材料、有色合金材料的牌号、性能、典型用途及其热处理方法。

本章简要介绍金属材料的力学性能，介绍硬质合金和超硬刀具材料，介绍 Fe-Fe₃C 相图及铁碳合金成分、组织、性能之间的关系。主要介绍钢、合金钢、铸铁、有色金属的牌号、性能、用途及热处理方法。

材料是人类生产和生活所必需的物质基础。工程材料是指工程上使用的材料。按材料的化学成分、结合键的特点分类，可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。由于金属材料具有优良的性能，所以它是目前应用最广的工程材料。

机器的性能和寿命除了取决于机器结构设计及其使用与维护外，还取决于其所用材料的基本性能是否与其使用要求和条件相适宜。因此，合理选用材料，正确选定热处理方法，对充分发挥材料的性能潜力、节约材料、降低成本、提高产品质量有着十分重要的意义。

1.1 金属材料的力学性能

金属材料在各种不同形式的载荷作用下所表现出来的特性叫做力学性能，也称为机械性能。在机械制造领域选用材料时，大多以力学性能为主要依据。力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1.1.1 强度和塑性

若载荷的大小不变或变动很慢，则称为静载荷。金属材料的强度、塑性是在静载荷作用下测定的。

1. 强度

所谓强度，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，试验时应将被测金属材料制成标准试样。如图 1-1 所示为圆形标准拉伸试样。图中 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 ($l_0=5d_0$)。

(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叫做力-伸长曲线，也称为拉伸图。如图 1-2 所示是低碳钢的力-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。

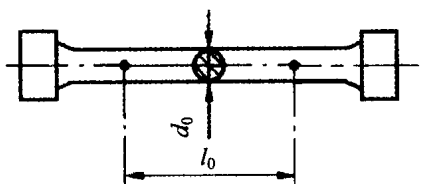


图 1-1 圆形标准拉伸试样

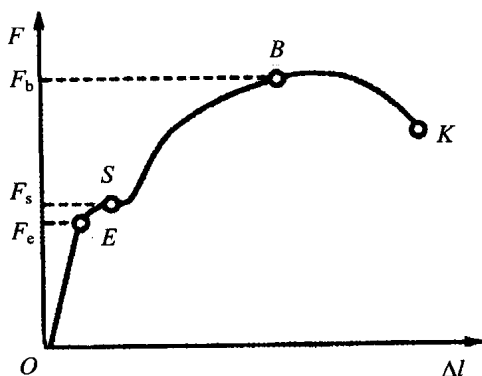


图 1-2 低碳钢的力-伸长曲线

由图 1-2 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 (OE)：当载荷不超过 F_e 时，拉伸曲线 OE 为直线，即试样的伸长量与载荷成正比。如果卸除载荷，试样仍能恢复到原来的尺寸，即试样的变形完全消失。这种随载荷消失而消失的变形叫做弹性变形。

2) 塑性变形阶段 (ES)：当载荷超过 F_e 后，试样将进一步伸长，此时若卸除载荷，变形却不能消失，即试样不能恢复到原来的尺寸，这种载荷消失后仍继续保留的变形叫做塑性变形。当载荷达到 F_s 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。

3) 均匀变形阶段 (SB)：当载荷超过 F_s 后，欲使材料继续变形，必须继续施力。随着塑性变形增大，材料形变抗力不成比例地逐渐增加，这种现象叫做形变强化或加工硬化。此阶段试样的变形是均匀发生的。

4) 缩颈阶段 (BK)：当载荷继续增加到某一最大值 F_b 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，当达到拉伸曲线上的 K 点时，试样随即断裂。 F_k 为试样断裂时的载荷。

(3) 强度指标。强度指标是用应力值来表示的。根据力学原理，试样受到载荷作用时，则内部产生大小与载荷相等而方向相反的抗力（即内力）。单位截面积上的内力，称为应力，用符号 σ 表示。

从拉伸曲线分析得出，有三个载荷值比较重要：第一个是弹性变形范围内的最大载荷 F_e ，第二个是最小屈服载荷 F_s ，第三个是最大载荷 F_b 。通过这三个载荷值，可以得出金属材料的三个主要强度指标。

1) 弹性极限。是金属材料能保持弹性变形的最大应力，用 σ_e 表示，单位为 MPa。

$$\sigma_e = F_e / S_0 \quad (1.1)$$

式中 F_e ——弹性变形范围内的最大载荷 (N)；

S_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

2) 屈服强度。是使材料产生屈服现象时的最小应力，用 σ_s 表示，单位为 MPa。

$$\sigma_s = F_s / S_0 \quad (1.2)$$

式中 F_s ——使材料产生屈服的最小载荷 (N)。

对于低塑性材料或脆性材料, 由于屈服现象不明显, 因此这类材料的屈服强度常以产生一定的微量塑性变形 (一般用变形量为试样长度的 0.2% 表示) 的应力为屈服强度, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示, 称为条件屈服强度。即:

$$\sigma_{0.2} = F_{0.2} / S_0 \quad (1.3)$$

式中 $F_{0.2}$ ——塑性变形量为试样长度的 0.2% 时的载荷 (N)。

3) 抗拉强度。试样断裂前所能承受的最大应力, 用 σ_b 表示, 单位为 MPa。

$$\sigma_b = F_b / S_0 \quad (1.4)$$

式中 F_b ——试样断裂前所能承受的最大载荷 (N)。

低碳钢的屈服强度 σ_s 约为 240MPa, 抗拉强度 σ_b 约为 400MPa。工程上所用的金属材料, 不仅希望具有较高的 σ_s , 还希望具有一定的屈强比 (σ_s / σ_b)。屈强比越小, 结构零件的可靠性越高, 万一超载也能由于塑性变形而使金属材料的强度提高, 不至于立即断裂。但如果屈强比太小, 则材料强度的有效利用率就太低。

2. 塑性

金属发生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。在拉伸时它们分别为伸长率与断面收缩率。

(1) 伸长率。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 δ 表示。即:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 l_k ——试样拉断时的标距长度 (mm);

l_0 ——试样原始标距长度 (mm)。

必须说明, 伸长率的大小与试样的尺寸有关。试样的长短不同, 测得的伸长率是不同的。长、短试样的伸长率分别用 δ_{10} 与 δ_5 表示。习惯上, δ_{10} 也常写成 δ 。对于同一材料而言, 短试样所测得的伸长率 δ_5 要比长试样所测得的伸长率 δ_{10} 大一些, 两者不能直接比较。

(2) 断面收缩率。断面收缩率是指试样拉断后, 试样断口处的横截面积与原始横截面积比值的百分率, 用符号 ψ 表示。即:

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \times 100\% \quad (1.6)$$

式中 S_k ——试样断裂处的横截面积 (mm²);

S_0 ——试样原始横截面积 (mm²)。

δ 和 ψ 是材料的重要性能指标。它们的数值越大, 材料的塑性越好。金属材料的塑性好坏, 对零件的加工和使用有十分重要的意义。例如, 低碳钢的塑性好, 故可以进行压力加工; 普通铸铁的塑性差, 因而不便进行压力加工, 只能进行铸造。同时, 由于材料具有一定的塑性, 故能够保证材料不致因稍有超载而突然破断, 这就增加了材料使用的安全可靠。

1.1.2 硬度

硬度是指金属表面上局部体积内抵抗弹性变形、塑性变形或抵抗压痕划伤的能力。它是金属材料的重要性能之一, 也是检验工模具和机械零件质量的一项重要指标。由于测定硬度

的实验设备比较简单, 操作方便、迅速, 又属于无损检测, 故在生产中应用十分广泛。

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。常用的硬度实验方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

1. 布氏硬度

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材料表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测量出压痕的平均直径 d , 用金属表面压痕的面积 S 除载荷所得的商作为布氏硬度值, 如图 1-3 所示。

在实际应用时, 布氏硬度值既不用计算, 也不用标注单位, 只需测出压痕直径 d 后, 再查压痕直径与布氏硬度对照表即可。

布氏硬度的符号是: 当压头是淬火钢球时, 用 HBS 表示, 适合布氏硬度值在 450 以下的材料; 当压头为硬质合金球时, 用 HBW 表示, 适合布氏硬度值在 450~650 的材料。其表示方法的书写顺序为:

硬度值+压头符号+压球直径/试验力/保持时间 (10~15s 可不标注), 例如:

150HBS10/10000/30 表示用直径 $\phi 10\text{mm}$ 的淬火钢球在 10000N 的载荷作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 150。

500HBW5/7500 表示用直径 $\phi 5\text{mm}$ 的硬质合金球在 7500N 的载荷作用下保持 10~15s 测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度压痕面积较大, 能较真实地反映材料的平均性能, 测量精度较高, 常用来测量灰铸铁、有色金属及硬度较小 ($\text{HBS} < 450$ 、 $\text{HBW} < 650$) 的钢材。但因压痕较大, 一般布氏硬度不适宜检验成品或薄件。

2. 洛氏硬度

当材料的硬度较高或试样过小时, 需要用洛氏硬度计进行硬度测试。洛氏硬度试验, 是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588mm ($1/16''$) 的淬火钢球作压头, 在初试验力 F_0 及总试验力 F (初试验力 F_0 与主试验力 F_1 之和) 的分别作用下压入金属表面, 然后卸除主试验力 F_1 , 在初试验力 F_0 下测定残余压入深度, 用深度的大小来表示材料的洛氏硬度值, 并规定每压入 0.002mm 为一个硬度单位, 用 HR 表示。

洛氏硬度不用计算, 也不用查表, 试验时 HR 值从硬度计的表盘上直接读出。根据试验时采用的压头和试验力不同, 洛氏硬度常采用三种标尺: HRA、HRB 和 HRC。常用洛氏硬度标度的试验条件和适用范围如表 1-1 所示。其中, HRC 应用最广。

洛氏硬度的表示方法为: 硬度值+符号。如 58HRC 表示 C 标尺测定的洛氏硬度值为 58。

洛氏硬度试验的优点是操作迅速、简便, 可从表盘上直接读出硬度值; 测试硬度值范围较大; 而且压痕直径小, 可测量成品或薄工件。其缺点是精确性较差, 硬度值重复性差, 通常需要在材料的不同部位测试数次, 取其平均值来代表材料的硬度。

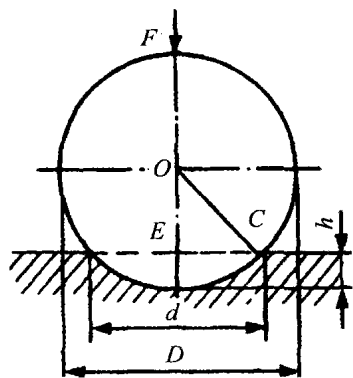


图 1-3 布氏硬度测定原理