



普通高等教育“十二五”规划教材



机械制造

JIXIE ZHIZAO

葛汉林 主编
姜 芳 郑喜贵 副主编
高 辉 王桂录 朱永刚 肖志玲 参编



中国轻工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

机 械 制 造

葛汉林 主 编

姜 芳 郑喜贵 副主编

高 辉 王桂录 朱永刚 肖志玲 参 编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造/葛汉林主编. —北京:中国轻工业出版社,2012.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-8645-3

I. ①机… II. ①葛… III. ①机械制造—高等学校—教材

IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 000479 号

责任编辑:王 淳

策划编辑:王 淳 责任终审:孟寿萱 封面设计:锋尚设计

版式设计:宋振全 责任校对:燕 杰 责任监印:吴京一

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印 刷:北京君升印刷有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2012年2月第1版第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:23

字 数:536千字

书 号:ISBN 978-7-5019-8645-3 定价:42.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

120031J2X101ZBW

前言

《机械制造》是一本改革力度较大的教材,涵盖了过去课程体系中的金属工艺学、金属切削原理与刀具、金属切削机床(概论)、机械制造工艺学等课程的有关内容,并在此基础上,增加了先进制造技术、特种加工、自动化制造系统等内容,以满足学生对制造工程的新理论、新技术学习的需要。

本书在编写过程中精选整合教学内容,改变课程内容庞杂陈旧、分割过细,避免简单拼凑和不必要的重复;文字叙述简明扼要、通俗易懂,突出重点,注重实用性,培养学生自主学习和独立思考的能力;形式上图文并茂。本书在编写的过程中更注重理论联系实际,强调基本理论在生产实践中的应用。但还是希望,本书在讲授前,学生已经过工程实践训练(金工实习)的实践环节。

本书大致划分为四大部分:第一部分(第1、2、3章)为金属材料知识和零件毛坯制备与选择,让学生了解机械零件的常用材料和零件毛坯的制造方法。第二部分(第4、5章)为机械加工及设备的基础理论。让学生了解零件加工的基本原理和规律以及切削机床的基本知识。对加工过程中的现象、影响因素进行了较深入的分析。常用工种和主要表面加工方法的介绍。重点介绍了常用切削加工方法的应用、特点、机床和刀具。通过这部分的学习,学生应对常用的加工方法、各类机床、各种加工刀具都有较全面的了解和认知,能够对机械零件基本形状要素(平面、外圆、内孔、齿形)的加工方法进行合理选用。第三部分(第6~10章)进一步引导学生从零件外形的加工提高到从零件的整体出发考虑,如何实现工件在机床上的定位与夹紧,如何合理制订机械加工工艺规程;并具体介绍了几种典型零件的机械加工工艺规程,还对影响零件加工精度和表面质量的原因进行了分析;并对加工过程中使用的通用量具进行介绍,这就使学生对机械加工工艺知识有了比较具体全面的理解。第四部分(第11、12章)介绍了机械制造领域发展的特种加工方法、先进制造技术和自动化制造系统。让学生对机械制造业的发展方向有了初步认识。总之,本书是在学习了金属材料 and 零件毛坯制备方法以后,以机械加工及设备的基础理论为基础,研究制订机械加工工艺规程的工程实际问题;最后,介绍特种加工、先进制造技术、自动化加工系统的概念性知识。这就是本教材的编写主线。

本教材具有以下特点:

1. 理论内容以够用为度,删减部分旧的、不常用的内容和一些理论性强的公式推导,对有关内容进行优化整合。在教材的知识结构方面做了合理安排,充分反映教改成果。
2. 教材体现学以致用,应用为本。坚持“以工艺为主”及“以常规为主”,例题以实用为原则,工程实际为背景,以培养学生解决问题的能力。
3. 在难易程度上,取材精炼,说理深入浅出,尽量多用图、表来表达叙述性的内容,以讲清概念、强化工程应用为宗旨。
4. 教材每章都有小结,并配用了数量较多针对性强的思考与练习题,便于学生学习掌握。
5. 教材引入了工程最新的工艺和技术,有利于学生扩大知识面,激发创新意识。

本书由辽宁石油化工大学葛汉林、姜芳、高兴军和郑州科技学院郑喜贵、王桂录、朱永刚、肖志玲共同编写,由葛汉林同志任主编并负责统稿,姜芳和郑喜贵任副主编。全书共分12章,

其中第3、5、7、8章由葛汉林编写;第6和9~12章由姜芳编写;第2章由高兴军编写;第1章1.1、1.2节由朱永刚编写,1.3~1.5节由肖志玲编写;第4章4.1、4.2由王桂录编写,4.3、4.4节由郑喜贵编写,王德滨主审。

本书在编写过程中,张安全、于景福、殷小清、黄文汉、赖健男、郭庆梁、关卫荣、徐兵、孙晖、卜建新、黄冬梅、张利颖、高红霞等老师提出了修改意见。同时编者对所列主要参考文献的作者表示衷心的感谢!

由于编写水平有限,书中难免会有疏漏和失误之处,敬请读者批评指正。

编者

2012年2月

目 录

第1章 金属材料的基本知识	1
1.1 金属材料的力学性能	1
1.1.1 强度	1
1.1.2 塑性	2
1.1.3 硬度	3
1.1.4 冲击韧度	4
1.1.5 疲劳强度	6
1.2 铁碳合金	6
1.2.1 铁碳合金的基本组织	6
1.2.2 铁碳合金相图	7
1.2.3 钢的成分、组织、性能之间的关系	8
1.3 钢的热处理	9
1.3.1 钢的退火和正火	9
1.3.2 钢的淬火和回火	11
1.3.3 钢的表面淬火和化学热处理	13
1.4 工业用钢	16
1.4.1 碳素钢	17
1.4.2 合金钢	19
1.5 其他金属材料	25
1.5.1 铸铁	25
1.5.2 有色金属	26
本章小结	31
习题	31
第2章 金属材料的成形	33
2.1 铸造	33
2.1.1 概述	33
2.1.2 砂型铸造	33
2.1.3 金属的铸造性能	36
2.1.4 铸造工艺设计基础	39
2.1.5 铸造结构工艺性	41
2.1.6 铸件缺陷分析	42
2.1.7 特种铸造	44
2.2 锻压加工	45
2.2.1 概述	45

2.2.2 自由锻·····	46
2.2.3 模锻简介·····	49
2.2.4 板料冲压·····	54
2.3 焊接·····	56
2.3.1 概述·····	56
2.3.2 电弧焊·····	56
2.3.3 其他焊接方法·····	60
本章小结·····	62
习题·····	63
第3章 机械零件毛坯的选择 ·····	65
3.1 常见零件毛坯的分类与比较·····	65
3.1.1 毛坯类型学及制造方法的比较·····	65
3.1.2 毛坯生产成本的比较·····	66
3.2 毛坯选择的原则·····	69
3.2.1 满足材料的工艺性能要求·····	69
3.2.2 满足零件的使用要求·····	70
3.2.3 满足降低生产成本的要求·····	71
3.2.4 符合生产条件·····	71
3.3 典型零件毛坯的选择·····	72
3.3.1 轴类零件的毛坯选择·····	72
3.3.2 盘套类零件的毛坯选择·····	74
3.3.3 箱体机架类零件的毛坯选择·····	75
本章小结·····	76
习题·····	76
第4章 金属切削加工的基础理论 ·····	77
4.1 金属切削基本知识·····	77
4.1.1 切削运动与切削用量·····	77
4.1.2 刀具角度·····	78
4.1.3 刀具材料·····	85
4.2 金属切削过程·····	88
4.2.1 切削变形·····	88
4.2.2 切削力与切削功率·····	93
4.2.3 切削热和切削温度·····	95
4.3 刀具磨损与刀具寿命·····	97
4.3.1 刀具磨损的形式及原因·····	97
4.3.2 刀具磨损的过程及磨钝标准·····	99
4.3.3 刀具使用寿命·····	100
4.4 切削条件的合理选择·····	100

4.4.1 工件材料的切削加工性	100
4.4.2 刀具几何参数的选择	102
4.4.3 切削用量的选择	105
4.4.4 切削液	106
本章小结	107
习题	107
第5章 机械零件表面加工	109
5.1 金属切削机床的基本知识	109
5.1.1 金属切削机床的分类与编号	109
5.1.2 金属切削机床的运动	113
5.1.3 机床的传动	114
5.2 常用切削加工方法综述	115
5.2.1 车削加工	115
5.2.2 铣削加工	121
5.2.3 磨削加工	128
5.2.4 刨削加工	134
5.2.5 钻削加工	137
5.2.6 镗削加工	141
5.3 典型表面加工分析	144
5.3.1 外圆表面加工	144
5.3.2 平面加工	145
5.3.3 孔的加工	146
5.3.4 齿轮齿面加工	148
本章小结	155
习题	155
第6章 机床夹具设计	157
6.1 机床夹具设计概述	157
6.1.1 工件的安装	157
6.1.2 机床夹具的分类	159
6.1.3 夹具的组成	160
6.2 工件在夹具中的定位	161
6.2.1 工件的定位原理	162
6.2.2 工件的定位方法及其定位元件	165
6.3 工件的夹紧	172
6.3.1 夹紧装置的组成和基本要求	172
6.3.2 夹紧力的确定	173
6.3.3 典型夹紧机构	176
6.3.4 夹具的动力源装置	180

6.4 各类机床夹具	182
6.4.1 车床夹具	182
6.4.2 钻床夹具	183
6.4.3 铣床夹具	189
6.4.4 镗床夹具	190
6.5 现代机床夹具	196
6.5.1 自动线夹具	196
6.5.2 组合夹具	197
6.5.3 通用可调夹具	197
6.6 专用夹具的设计方法	198
6.6.1 对专用夹具的基本要求和设计步骤	198
6.6.2 夹具体的设计	199
6.6.3 专用夹具设计示例	200
6.6.4 夹具总图上尺寸、公差和技术要求的标注	201
本章小结	203
习题	203
 第7章 机械加工工艺规程的制订	 206
7.1 机械加工工艺规程概述	206
7.1.1 生产过程、工艺过程与机械加工工艺过程	206
7.1.2 机械加工工艺过程的组成	206
7.1.3 生产纲领与生产类型	209
7.1.4 机械加工工艺规程	211
7.2 零件的工艺分析与毛坯选择	214
7.2.1 零件的工艺分析	214
7.2.2 毛坯的选择	217
7.3 定位基准及选择	219
7.3.1 基准的概念及其分类	219
7.3.2 定位基准的选择原则	220
7.4 机械加工工艺路线的拟订	223
7.4.1 加工方法选择	223
7.4.2 加工阶段的划分	224
7.4.3 工序的集中与分散	226
7.4.4 加工顺序的安排	227
7.5 加工余量与工序尺寸的确定	229
7.5.1 加工余量的确定	229
7.5.2 工序尺寸及其公差的确定	231
7.6 机床与工艺装备的选择	233
7.7 工艺尺寸链	234
7.7.1 尺寸链的基本概念	234

7.7.2 尺寸链的计算	235
7.7.3 工艺尺寸链的典型例题及求解方法	237
7.8 工艺过程的生产率和经济性	240
7.8.1 时间定额	241
7.8.2 提高机械加工劳动生产率的工艺途径	241
本章小结	243
习题	244
第8章 典型零件加工	246
8.1 轴类零件加工	246
8.1.1 轴类零件加工概述	246
8.1.2 主轴类零件加工的主要工艺问题	248
8.1.3 CA6140 型卧式车床主轴加工实例	250
8.2 套类零件加工	257
8.2.1 套类零件加工概述	257
8.2.2 套类零件加工的主要工艺问题	258
8.2.3 套类零件加工实例	261
8.3 箱体类零件加工	265
8.3.1 箱体类零件加工概述	265
8.3.2 箱体类零件加工的主要工艺问题	267
8.3.3 箱体零件加工实例	274
本章小结	277
习题	277
第9章 机械加工质量分析	280
9.1 机械加工精度	280
9.1.1 机械加工精度概述	280
9.1.2 影响加工精度的因素	282
9.1.3 提高加工精度的工艺措施	296
9.2 机械加工表面质量	299
9.2.1 机械加工表面质量概述	299
9.2.2 影响加工表面质量的因素	301
9.2.3 提高机械加工表面质量的方法	303
本章小结	305
习题	306
第10章 通用计量器具	307
10.1 游标卡尺	307
10.1.1 游标卡尺的结构	307
10.1.2 游标卡尺的读数原理	308

10.1.3	游标卡尺的测量精度	309
10.1.4	游标卡尺的使用方法	309
10.2	千分尺	309
10.2.1	外径千分尺的结构	309
10.2.2	千分尺的测微头	310
10.2.3	外径千分尺的工作原理和读数方法	310
10.2.4	外径千分尺的测量范围和精度	311
10.2.5	外径千分尺的使用方法	311
10.3	百分表	312
10.3.1	百分表的结构	312
10.3.2	百分表的读数方法	313
10.3.3	百分表的使用方法	313
10.4	塞规与卡规	316
10.4.1	塞规与卡规的结构形状	316
10.4.2	塞规和卡规的使用	317
10.4.3	注意事项	317
10.4.4	塞规、卡规的使用局限性	318
10.5	万能角度尺	318
	本章小结	319
	习题	319
第11章	特种加工	320
11.1	特种加工概述	320
11.2	电火花加工	320
11.2.1	电火花加工原理	320
11.2.2	电火花线切割机床	322
11.2.3	电火花穿孔、成型机床	325
11.3	激光加工	325
11.3.1	激光加工原理	325
11.3.2	激光加工特点	326
11.3.3	激光加工应用	326
11.4	超声波加工	328
11.4.1	超声波加工原理	328
11.4.2	超声波加工特点	328
11.4.3	超声波加工应用	329
11.5	电子束加工	329
11.5.1	电子束加工原理	329
11.5.2	电子束加工装置	329
11.5.3	电子束加工特点	330
11.5.4	电子束加工应用	330

11.6 离子束加工	331
11.6.1 离子束加工原理	331
11.6.2 离子束加工特点	332
11.6.3 离子束加工应用	332
本章小结	332
习题	333
第 12 章 先进制造技术	334
12.1 快速成形制造技术	334
12.1.1 概述	334
12.1.2 快速成形的基本原理	334
12.1.3 快速成形的工艺方法	335
12.1.4 快速成形技术的特点与应用	337
12.2 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)	338
12.2.1 概述	338
12.2.2 成组技术	342
12.2.3 派生式 CAPP 系统的设计过程	343
12.2.4 派生式 CAPP 系统的应用	346
12.3 柔性制造系统	347
12.3.1 概述	347
12.3.2 FMS 的组成	348
12.3.3 FMS 的应用情况和发展前景	351
本章小结	351
习题	352
参考文献	353

第 1 章 金属材料的基本知识

材料是人类生产和生活的物质基础。目前,通常把信息、材料、能源和生物工程称为现代技术的四大支柱。金属材料,特别是钢铁,在机械制造业中得到了广泛的应用。为了正确、合理地使用金属材料,必须了解和掌握其使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中所表现出来的性能,主要有力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指材料在各种冷、热加工过程中所表现出来的性能,主要有铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工等性能。

1.1 金属材料的力学性能

在机械行业中选材时,一般以力学性能为主要依据。所谓力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性。金属材料必须具有承受机械载荷而超过许可变形或不破坏的能力。这种能力就是材料的力学性能。金属表现出来的诸如强度、硬度、塑性和韧性和疲劳强度等特征就是用来衡量金属材料在外力作用下表现出力学性能的指标。

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。强度指标一般用单位面积所承受的载荷即力表示,符号为 σ ,单位为 MPa。

常用的强度指标主要有屈服强度和抗拉强度,其数值可通过拉伸试验测定。

试验前,将金属材料制成标准拉伸试样,如图 1-1 所示。图中 d_0 为试样原始直径, l_0 为试样原始标距长度。拉伸试样一般还分为长试样($l_0 = 10d_0$)和短试样($l_0 = 5d_0$)两种。

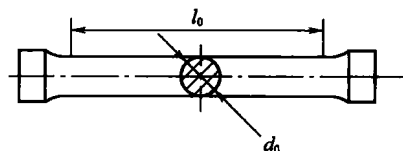


图 1-1 标准拉伸试样

试验时,将标准试样装夹在拉伸试验机上,缓慢增加载荷(静载荷),使试样承受轴向拉力。随着载荷的不断增大,试样的伸长量也逐渐增加,记录拉伸试验过程中的载荷大小和对应的伸长量关系,直至试样拉断为止,便可获得载荷 F 与变形量 Δl 之间的

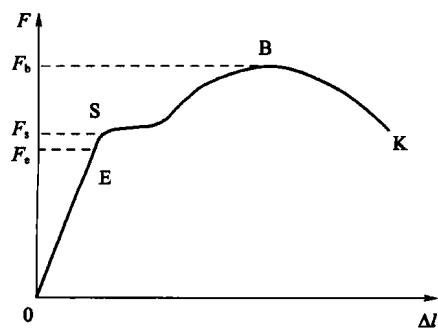


图 1-2 退火低碳钢的拉伸曲线

的关系曲线,即拉伸曲线,如图 1-2 所示。当载荷 F 为零时,伸长量也为零。当载荷逐渐由零加大到 F_e 时,试样的伸长量与载荷成正比例增加。此时卸除载荷,试样能完全恢复到原来的形状和尺寸,即试样处于弹性变形阶段。当载荷超过 F_e 时,试样除产生弹性变形外,还开始出现塑性变形(或称永久变形),即卸除载荷后,试样不能恢复到原来的形状和尺寸。当载荷加到 F_s 时,在曲线上开始出现水平线段,即表示载荷不增加,试样却继续伸长,这种现象称为屈服现象。S 点称做屈服点。载荷超过 F_s 后,

试样的伸长量又随载荷的增加而增大,此时试样已产生大量的塑性变形。当载荷继续增加到某一最大值 F_b 时,试样的横截面发生局部收缩,截面直径变小,通常称为“缩颈”现象。当到达 K 点时,试样就在缩颈处被拉断。

(1) 屈服强度

试样发生屈服现象时的应力称为屈服强度,用 σ_s 表示。 σ_s 表示金属抵抗微量塑性变形的能力,即

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中 σ_s ——抗拉强度,MPa;

F_s ——试样屈服时的载荷,N;

S_0 ——试样的原始截面面积,mm²。

有些金属材料,如铸铁、高碳钢等的拉伸曲线没有明显的屈服现象,因此 GB/T 10623—2008 规定以去除拉伸载荷后,试样残余伸长量达到原始标距 0.2% 时的应力作为该材料的屈服强度,称为材料的条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度

抗拉强度是指试样在拉断前所承受的最大拉应力,用 σ_b 表示, σ_b 代表金属材料抵抗大量塑性变形的能力,即

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中 σ_b ——抗拉强度,MPa;

F_b ——试样在断裂前的最大载荷,N;

S_0 ——试样的原始截面面积,mm²。

对于大多数机械零件,工作时不允许产生塑性变形,所以屈服强度是零件强度设计和选材的依据;对于因断裂而失效的零件,则可用抗拉强度作为其强度设计和选材的依据。

1.1.2 塑 性

塑性是指金属材料在断裂前产生塑性变形的能力。金属材料在断裂前的塑性变形越大,表示材料的塑性越好;反之,则表示材料的塑性越差。常用的塑性指标主要有断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率

试样通过拉伸试验被拉断后,总的伸长量和原始标距长度的百分比,称为断后伸长率,用符号 δ 表示,即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_k ——试样被拉断后的标距长度,mm;

l_0 ——试样原始的标距长度,mm。

由于试样总的伸长量是均匀伸长与产生局部缩颈后的伸长之和,故 δ 值的大小与试样长度尺寸有关。同一材料长试样的断后伸长率(用 δ_{10} 表示)要低于短试样的断后伸长率(用 δ_5 表示)。

(2) 断面收缩率

试样通过拉伸试验被拉断后,断面缩小的截面积和原始截面积的百分比称为断面收缩率,用符号 ψ 表示,即

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始横截面, mm^2 ;

S_k ——试样断口处横截面积, mm^2 。

断面收缩率与试样尺寸无关, 因此它能比较准确地反映出材料的塑性。

一般材料的 δ 或 ψ 数值越大, 表示材料的塑性越好。如铁的 δ 约为 50%, 而普通铸铁的 δ 还不到 1%, 因此纯铁的塑性比普通铸铁好得多。

塑性指标同样有着十分重要的意义。塑性好的材料不仅可以进行锻压、轧制、冷冲、冷拔等成形工艺, 而且万一超载的情况下, 塑性变形能避免突然断裂, 提高了工作的安全性。所以, 在静载荷条件下工作的机械零件, 一般都要求具有良好的塑性。

1.1.3 硬 度

硬度是指金属材料抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度是衡量金属软硬程度的指标, 常用的测定硬度的方法是压入测试法。在一定载荷下, 用一定几何形状的压头压入被测试的金属材料表面, 根据被压入后变形程度来测定其硬度值。压入后变形程度越大, 则材料的硬度值越低; 反之, 则硬度值越高。目前生产中广泛应用的有布氏硬度和洛氏硬度测试法。

(1) 布氏硬度

布氏硬度的测定原理如图 1-3 所示, 用一定直径 D 的淬火钢球或硬质合金球作压头, 在规定试验力 F 的作用下压入被测表面, 经规定的保持时间后, 卸去试验力, 在被测试表面上会形成一个直径 d 的压痕。用试验力与压痕面积的比值作为布氏硬度值。淬火钢球作压头时用符号 HBS, 硬质合金球作压头用 HBW 表示。布氏硬度的计算公式为

$$\text{HBW (HBS)} = F/S = F/\pi Dh (\text{kgf/mm})$$

式中 F ——试验力, kgf ;

S ——压痕表面积, mm^2 ;

h ——压痕深度, mm ;

D ——压头直径, mm 。

试验时, 布氏硬度不需计算, 只需用刻度放大镜测出压痕平均直径 d 后, 就可以查布氏硬度表得出相应的硬度值。

布氏硬度一般不标注单位, 其表示方法为: 在布氏硬度符号前写出硬度值, 符号后依次用相应的数字注明压头直径、试验力和保持时间, 例如 120HBW10/1000/30。

由于布氏硬度压痕面积较大, 能反映较大范围内材料的平均硬度, 测得的结果稳定、准确。但布氏硬度试验不够简单, 又因压痕大, 对工件表面损伤较大, 故不宜测试薄件或成品件。布氏硬度主要用来测定灰铸铁、有色金属以及退火、正火和调质处理的钢材等。

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度实验也是一种压入硬度试验, 是目前应用最多的方法。但它不是测量压痕面积, 而是测量压痕的深度, 以深度大小表示材料的硬度值。

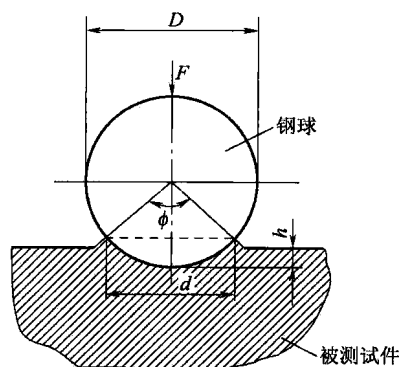


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

洛氏硬度的测定原理是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体压头或直径为 $\Phi 1.588\text{mm}$ 的淬火钢球压头,在初试验力与总试验力(初试验力 + 主试验力)先后作用下,将压头压入被测表面,经规定的保持时间后卸除主试验力,用残余压痕深度来确定金属的硬度值。

如图 1-4 所示,0-0 为圆锥体压头的初始位置;1-1 为在初试验力 $10\text{kg}(98.07\text{N})$ 作用下压头压入深度为 b 处的位置;2-2 为加入主试验力后,压头压入深度为 c 处的位置;3-3 为卸除主试验力后,被测表面弹性变形恢复,使得压头向上回升压入深度为 d 处的位置。于是压头受主试验力作用实际压入被测表面产生塑性变形的压痕深度为 bd ,用 bd 值的大小来衡量材料的硬度。 bd 值越大,硬度越低;反之,硬度则越高。为适应习惯上数值越大硬度越高的概念,常用以常数 K 减去 $bd/0.002$ 作为硬度值。洛氏硬度用符号 HR 表示,无单位。即

$$\text{HR} = K - bd/0.002$$

式中, K 为常数。用金刚石圆锥体作压头时, K 为 100;用淬火钢球作压头时, K 为 130。

洛氏硬度表示的方法为在符号前写出硬度值。为了能用统一硬度计来测定不同硬度范围的金属,可采用不同的压头和试验力来组成几种不同的洛氏硬度标尺,每一种标尺用一个字母在 HR 后加以注明,其中最常用的是 HRA、HRB、HRC 三种。表 1-1 即为这三种标尺的实验条件和应用范围。

表 1-1 常用洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力/ $\text{N}(\text{kgf})$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120° 金刚石圆锥体	588.4(60)	70 ~ 88	硬质合金、表面淬火钢、渗碳钢等
HRB	$\Phi 1.588\text{mm}$ 的淬火钢球	980.7(100)	20 ~ 100	有色金属、退火钢、正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥体	1471.1(150)	20 ~ 70	淬火钢、调质钢、钛合金等

洛氏硬度值可以直接在硬度计表盘上读出。洛氏硬度试验过程简单、迅速,适用的硬度范围广。由于压痕较小,可以用来测量成品件或较薄工件的硬度。但是,洛氏硬度的测量结果不如布氏硬度精确。这是因为洛氏硬度实验的压痕小,容易受到金属表面不平或材料内部组织不均匀的影响,故一般需要在被测金属的不同部位测量数点,取其平均值。

1.1.4 冲击 韧 度

生产中许多零件是在冲击力作用下工作的。例如锻锤的锤杆、冲床的冲头、各种风动工具等。对于这些零件或工具,若只考虑静力作用下的强度、塑性、硬度等性能指标,显然是不全面的。因为在冲击力作用时,外力是瞬时起作用的,材料的应力增加速度快,变形速度也快,这样原来一些强度较高的材料或静拉伸时表现为塑性较好的材料,也往往会发生脆断。所以,材料还要求具有足够的冲击韧性。

金属材料在冲击力作用下抵抗破坏的能力称为冲击韧性。测量冲击韧性最常用的方法是摆锤式一次冲击试验。

试验前按《金属夏比(U 型或 V 型缺口)冲击试验法规定》将材料制成带缺口的标准试样,

如图 1-5 所示。

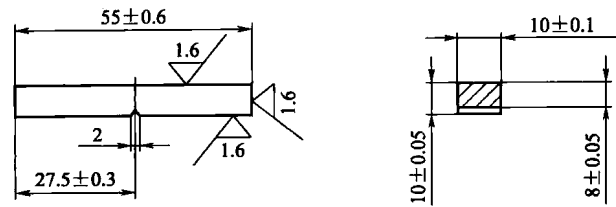


图 1-5 冲击试样

试验时,将试样缺口背向摆锤冲击方向放在冲击试验机座上,如图 1-6(a)所示,让一重量为 G 的摆锤自高度为 H_1 处自由下摆,摆锤冲断试样后又升高高度为 H_2 处,如图 1-6(b)所示。摆锤冲断试样所失去的能量即为试样在被冲断过程中吸收的功,称为冲击吸收功,用 A_k 表示,单位为 J。冲击试样缺口位置单位横截面积上的冲击吸收功,称为冲击韧性,用符号 a_k 表示,单位为 J/cm^2 。

$$a_k = A_k / S = G(H_1 - H_2) / S$$

- 式中 a_k ——冲击韧性, J/cm^2 ;
 S ——试样缺口处的横截面积, cm^2 ;
 A_k ——冲击吸收功, J;
 G ——摆锤重力, N,
 H_1 ——摆锤初始高度, m;
 H_2 ——摆锤冲断试样后上升的高度, m。

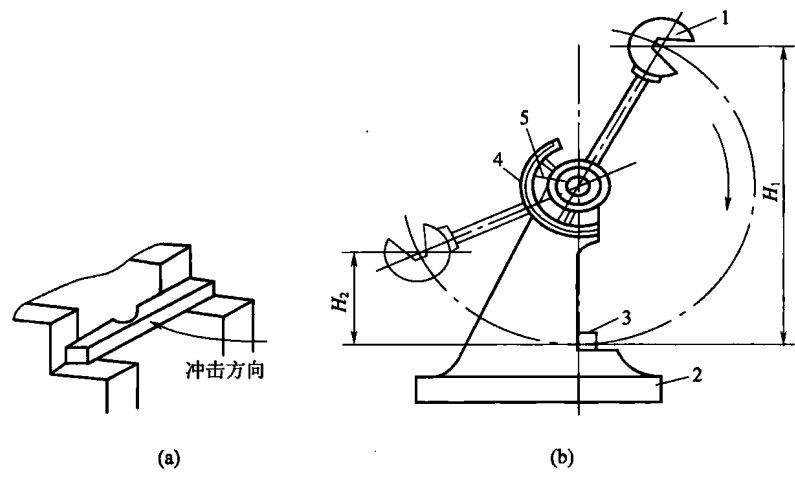


图 1-6 摆锤一次冲击试验原理图

冲击韧性值越大,材料的韧性越好;反之,韧性越差,则脆性越大。试验表明,冲击韧性值的大小与试验的温度有关。有些材料在室温 $20^{\circ}C$ 左右试验时并不显示脆性,而在低温下则可能发生脆断。为了测定金属材料的冲击韧性与温度的关系,将试验结果绘制成冲击韧性值—温度曲线,如图 1-7 所示。由图可知,冲击韧性值随温度的降低而减小,在某一温度范围内,冲击韧性值显著降低,使试样呈现脆性,这个温度范围称为韧性转变温度范围。韧性转变温度