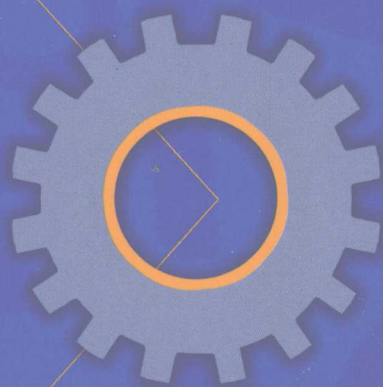


余承辉·主编

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO
JICHU



上海科学技术出版社

机械制造基础

主 编	余承辉				
副主编	杨开平	何 毅			
参 编	安 荣	邵 刚	鲍 莉		
	汤 萍	张 萍			

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/余承辉主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2009. 7

ISBN 978—7—5323—9856—0

I. 机... II. 余... III. 机械制造 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 092621 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18.25

字数:405 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—4 250

ISBN 978—7—5323—9856—0/TH • 121

定价:33.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书是在近几年教学和课程改革经验的基础上,在编写理论实践一体化教材理念的驱使下完成的。在编写该教材时,充分考虑到高等职业技术教学要求和机械类、机电类及近机类相关专业机械制造基础课程教学基本要求,力求做到使该教材集综合性、实用性、先进性、广泛性、系统性、持久性等特点于一体。

全书共十二章,内容包括金属材料基础知识、钢的热处理、钢铁材料、非铁金属及其合金、非金属材料、铸造、锻压、焊接、金属切削加工基础知识、车削加工、铣刨磨削加工、钳工基础等。

本书可作为高等职业技术学院机械类、机电类及近机类专业教材,也可作为自学用书和职业技能培训用书。

前 言

教材建设是课程建设的重要内容之一,建设什么样的教材一直是教育工作者关注和争论的话题,可谓是众说纷纭。近些年来,随着我国经济社会的迅速发展,社会对人才的需求都发生了巨大变化,我国高等职业教育也应紧跟时代步伐,以培养生产第一线需要的应用型技能人才为己任。在教材建设上,应编写适应素质教育、创新教育和创业教育需要的教材,以进一步充实和完善专业课程体系建设,为人才培养打下坚实的基础。

《机械制造基础》是机械类、机电类及近机类相关专业一门主干技术基础课程,也是一门重要的技术课程,是培养从事机械制造行业以及机电类行业应用型、操作型、管理型与复合型人才的一必修课程。通过本课程的学习,使学生获得工程材料及热加工、金属切削加工方法及加工设备的操作原理和方法的基本知识,培养学生机械制造的初步能力和工程素养,增强学生的工程实践能力,为学习其他有关后续课程及今后从事机械制造方面的工作奠定必要的技术知识基础。

本教材的教学目标是:

- (1) 了解工程材料的种类、牌号、性能、用途,初步具有正确选用金属材料的能力。
- (2) 了解常用金属材料热处理工艺的特点、方法及应用,初步具有对普通钢材进行热处理的能力。
- (3) 了解金属材料的铸造成形、锻压成形、焊接成形的特点、方法及应用,初步具有成形加工的能力。
- (4) 了解常规切削加工方法所用设备的工作原理、使用范围、操作方法,并应用这些设备进行加工生产。
- (5) 了解有关的新工艺、新技术及其发展趋势,培养创新能力。
- (6) 培养综合应用能力,并能够理论联系实际,解决实际问题。

在编写本书时,我们从高职教育的实际出发,注重实践性,侧重培养学生基本技能,突出“怎么干”;以培养学生的创新精神和工作能力为核心,突出“创造性”;以培养适应社会新形势对高技能型专门人才的需要为出发点,突出“以人为本”;始终贯彻“实际、实用、实效”的原则;在教材内容的表达上,强调叙述简练、深入浅出、直观形象、图文并茂。并且教材中的名词术语和计量单位均采用最新国家标准及其他有关标准。本教材还有一个显著特点就是基础性,把真正的制造基础知识编入教材中,力求不重复、不交叉、不庞杂,分工明确。

全书共十二章,由余承辉任主编。其中第一、二章由安荣编写;第三、九章由鲍莉编写;第四、十一章由何毅编写;第五、十二章由张萍编写;第六章由余承辉编写;第七章由邵刚编写;第八章由杨开平编写;第十章由汤萍编写。

由于编写时间和编者水平有限,书中缺点和疏漏之处在所难免,敬请专家、同仁和广大读者批评指正,并希望提出一些宝贵的修改意见,以不断完善本书。在教材编写过程中,参考了一些已出版的教材资料,十分敬佩许多作者的创新编写思维,在此,向所参考的教材资料的作者表示由衷的敬意和谢意。

编 者

2009年5月

目 录

第一章 金属材料基础知识

第一节 金属材料的性能	1	第三节 合金的晶体结构与结晶	14
一、强度	1	一、合金的晶体结构	14
二、塑性	3	二、合金的结晶	15
三、硬度	3	第四节 铁碳合金	17
四、韧性	5	一、铁碳合金的分类	17
五、疲劳强度	7	二、铁碳合金的基本组织	17
第二节 金属的晶体结构与结晶	8	三、含碳量对铁碳合金组织和性能的影响	18
一、晶体结构基本概念	8	四、铁碳合金相图	18
二、金属的晶体结构	9	五、铁碳合金相图的应用	20
三、金属的结晶	11	复习思考题	21
四、纯铁的同素异构转变	13		

第二章 钢的热处理

第一节 概述	22	四、钢的回火	34
一、钢的热处理性质	22	第四节 钢的表面热处理	35
二、热处理设备	22	一、钢的表面淬火	35
第二节 钢在加热和冷却时的组织转变	24	二、钢的化学热处理	37
一、钢在加热和冷却时的转变温度	24	第五节 钢热处理缺陷分析及防止措施	39
二、钢在加热时的组织转变	24	一、过热与过烧	39
三、钢在冷却时的组织转变	26	二、氧化与脱碳	40
第三节 钢的普通热处理	28	三、热处理变形	40
一、钢的退火	28	四、残余内应力	41
二、钢的正火	30	五、硬度不足	41
三、钢的淬火	31	复习思考题	41

第三章 钢铁材料

第一节 非合金钢	43	三、合金钢的牌号和用途	49
一、杂质元素对钢性能的影响	43	第三节 铸铁	54
二、非合金钢的分类	43	一、铸铁的种类	54
三、非合金钢的牌号和用途	44	二、铸铁的石墨化	54
第二节 合金钢	48	三、常用铸铁	55
一、合金元素在钢中的作用	48	复习思考题	59
二、合金钢的分类	48		

第四章 非铁金属及其合金

第一节 铝及铝合金	61	二、铝合金	62
一、纯铝	61	三、铝合金热处理	63

第二节 铜及铜合金	64	一、滑动轴承合金	67
一、纯铜	64	二、粉末冶金材料	68
二、铜合金	64	三、钛及钛合金	71
第三节 其他非铁合金材料	67	复习思考题	71

第五章 非金属材料

第一节 塑料	73	二、橡胶的组成	76
一、塑料的分类	73	三、橡胶的特性	77
二、塑料的组成	73	四、常用橡胶材料	77
三、塑料的特性	74	第三节 陶瓷和复合材料	78
四、常用工程塑料	74	一、陶瓷	78
第二节 橡胶	76	二、复合材料	79
一、橡胶的分类	76	复习思考题	80

第六章 铸 造

第一节 概述	82	一、熔模铸造	100
一、铸造成形的特点	82	二、金属型铸造	100
二、铸造成形的分类	82	三、压力铸造	101
三、金属的铸造性能	83	四、离心铸造	102
第二节 砂型铸造	85	五、低压铸造	103
一、模样	85	第四节 铸造成形工艺设计	103
二、型砂与芯砂	86	一、浇注位置的选择	103
三、手工造型	87	二、分型面的选择	104
四、机器造型	92	三、工艺参数的确定	105
五、造芯	93	四、铸造成形工艺设计实例	108
六、浇注系统	93	第五节 铸件的结构工艺性	109
七、铸铁的熔炼	94	一、铸件质量对结构的要求	109
八、合型、浇注、落砂、清理和检验	96	二、铸造工艺对结构的要求	112
第三节 特种铸造	100	复习思考题	114

第七章 锻 压

第一节 锻压成形基础知识	116	一、锤上模锻	129
一、锻压成形的性质	116	二、胎模锻	131
二、锻压成形加工的特点和应用	116	第四节 板料冲压	133
三、金属的塑性变形	117	一、板料冲压设备	133
四、锻造流线与锻造比	119	二、板料冲压的基本工序	133
五、影响金属锻压性能的因素	120	三、板料冲压件的结构工艺性	136
六、坯料的加热	121	第五节 挤压、轧制、拉拔、旋压	138
第二节 自由锻	123	一、挤压	138
一、自由锻设备	123	二、轧制	139
二、自由锻基本工序	124	三、拉拔	141
三、自由锻实例	127	四、旋压	141
四、自由锻零件的结构工艺性	128	复习思考题	142
第三节 模锻	129		

第八章 焊 接

第一节 概述	144	四、电渣焊	160
一、焊接的种类	144	五、电阻焊	160
二、焊接的特点	144	六、钎焊	161
三、焊接的地位和作用	145	第五节 常用金属材料焊接知识	162
第二节 焊条电弧焊	145	一、金属材料的焊接性	162
一、焊接电弧	145	二、常用金属材料的焊接	162
二、焊条电弧焊设备及工具	146	第六节 焊接结构工艺性	164
三、焊条	147	一、焊接结构材料的选择	164
四、焊条电弧焊工艺	149	二、焊缝布置的原则	165
五、焊条电弧焊操作方法	153	第七节 焊接变形	168
第三节 气焊与气割	155	一、焊接变形产生的原因	168
一、氧-乙炔焰	155	二、焊接变形的种类	168
二、气焊与气割设备及工具	156	三、控制焊接变形的工艺措施	169
三、气焊工艺	157	四、焊接变形的矫正方法	170
四、气焊操作方法	158	第八节 焊缝结构和焊接质量	171
五、气割操作方法	158	一、焊缝结构	171
第四节 其他焊接方法	159	二、焊接缺陷	173
一、埋弧自动焊	159	三、焊接检验方法	176
二、二氧化碳气体保护焊	159	四、焊接质量评定	178
三、氩弧焊	159	复习思考题	178

第九章 金属切削加工基础知识

第一节 金属切削机床	180	三、切削用量	191
一、金属切削机床的分类及型号	180	第四节 金属切削加工过程	192
二、金属切削机床的传动系统	182	一、切削层	192
第二节 刀具	183	二、切屑	193
一、刀具类型	183	三、积屑瘤	195
二、刀具几何形状	183	四、切削力和切削功率	196
三、刀具几何参数的选择	185	五、切削热和切削温度	197
四、刀具材料	188	六、刀具磨损	198
第三节 零件表面的形成过程	188	七、表面粗糙度控制	199
一、零件表面的切削成形	189	八、切削液选择	200
二、切削加工运动	189	复习思考题	201

第十章 车 削 加 工

第一节 车削加工基础知识	203	第二节 工件的安装及所用附件	214
一、车削加工范围	203	一、用三爪自定心卡盘安装工件	214
二、车削加工特点	204	二、用四爪单动卡盘安装工件	215
三、车床结构组成	204	三、用顶尖安装工件	216
四、车床传动系统	205	四、中心架与跟刀架的使用	217
五、车床保养	211	五、用心轴安装工件	219
六、车刀	212	六、用花盘、弯板及压板安装工件	219

第三节 车削加工操作和方法	220	三、常用车削加工方法	222
一、车削加工安全操作规程	220	四、车削实例	229
二、车削加工操作要点	220	复习思考题	230

第十一章 铣、刨、磨削加工

第一节 铣削加工	232	四、刨刀	242
一、铣削加工范围	232	五、工件装夹	243
二、铣削加工特点	233	六、刨削加工方法	245
三、铣床及附件	233	第三节 磨削加工	247
四、铣刀	235	一、磨削加工范围	247
五、工件的安装	236	二、磨削加工特点	248
六、铣削的要素、方式及方法	237	三、磨床	248
第二节 刨削加工	241	四、磨具	249
一、刨削加工范围	241	五、磨削加工方法	250
二、刨削加工特点	241	复习思考题	252
三、刨床	241		

第十二章 钳工基础

第一节 概述	254	第五节 孔加工	266
一、钳工的主要任务	254	一、钻床	266
二、钳工常用的工具	254	二、孔加工	268
第二节 划线	255	第六节 攻螺纹和套螺纹	271
一、划线工具	256	一、攻螺纹	271
二、划线方法	258	二、套螺纹	273
第三节 锯割	260	第七节 铰削	274
一、手锯	260	一、铰削工具	274
二、锯割操作方法	260	二、铰削方法	275
第四节 锉削	263	第八节 刮削	277
一、锉刀	263	一、刮削工具	277
二、锉削操作方法	264	二、刮削方法	277
三、锉削操作注意事项	266	复习思考题	278

参考文献	280
------------	-----

第一章 金属材料基础知识

第一节 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指金属材料在制造机械零件或工具的过程中,适应各种冷、热加工的性能,也就是金属材料采用某种加工方法制成成品的难易程度,它包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等。

在机械制造过程中,选用材料时大多以力学性能为主要依据。因此必须首先了解金属材料的力学性能。金属的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出的性能。力学性能主要包括强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

金属材料广泛应用于机械制造、交通运输、国防工业、石油化工和日常生活各个领域。机械制造过程中,为了设计制造较高质量的产品,只有了解和熟悉金属材料的性能,合理选材,才能充分发挥金属材料内在的潜能。

一、强度

强度是金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。金属材料的强度指标主要有屈服强度和抗拉强度。金属材料的强度指标通过拉伸试验来测定。

1. 拉伸试验

拉伸试验是指用静拉伸力对试样进行轴向拉伸,测量拉伸力和相应的伸长量,并测其力学性能的试验。

拉伸试样通常采用圆柱形,分为短试样和长试样两种,长试样 $L_0 = 10d_0$ (L_0 为试样原始长度, d_0 为试样原始直径),短试样 $L_0 = 5d_0$ 。如图 1-1 所示是试样拉伸前后的状态。把标准试样装夹在试验机的上下夹头上,开动机器,在压力油的作用下,试样受到拉伸,然后对试样逐渐施加拉伸载荷,与此同时连续测量力和相应的伸长量,直至把试样拉断为止,借此数据便可作出拉伸曲线。反之,依据拉伸曲线可求出相关的力学性能。

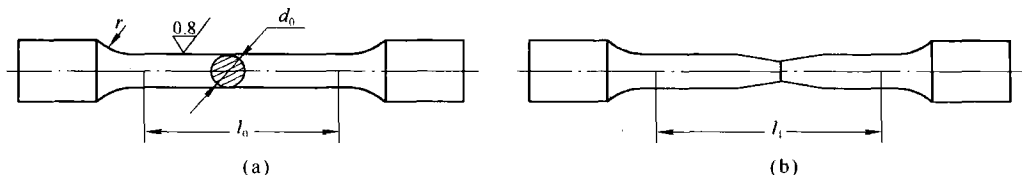


图 1-1 拉伸试样

(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

材料的性质不同,拉伸曲线形状也不尽相同。如图 1-2 所示为退火低碳钢的拉伸曲线

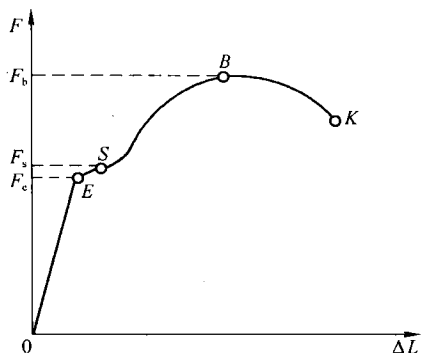


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

线,图中纵坐标表示力 F ,单位为 N ;横坐标表示绝对伸长量 ΔL ,单位为 mm 。退火低碳钢拉伸曲线分为几个变形阶段:

(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,试样能完全恢复原来的形状和尺寸。

(2) ES ——屈服阶段 当载荷超过 F_e 时,试样开始出现塑性变形,此时若卸载,试样的伸长只能部分恢复;当载荷增加到 F_s 时,曲线上出现平台,即载荷不增加,试样继续伸长,材料丧失了抵抗变形的能力,这种现象叫屈服。

(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,试样局部直径开始急剧缩小,出现“缩颈”现象,由于截面积减小,试样变形所需载荷也随之降低, K 点时试样发生断裂。

2. 强度指标

(1) 屈服强度 屈服强度是指试样在拉伸试验过程中力不增加(保持恒定)仍然能继续伸长(变形)时的应力。以 R_e 表示,单位为 MPa 。屈服强度计算公式为

$$R_e = F_s / S_0$$

式中 F_s ——屈服时的拉伸力(N);

S_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)测定 R_e 很困难,通常规定产生 0.2% 塑性变形时的应力作为条件屈服强度,用 $R_{p0.2}$ 表示。

屈服强度表征金属发生明显塑性变形的抗力,机械零件在工作时如受力过大,会因过量变形而失效。当机械零件在工作时所受的应力低于材料的屈服强度,则不会产生过量的塑性。材料的屈服强度越高,允许的工作应力也越高。因此它是机械设计的主要依据,也是评定金属材料优劣的重要指标。

(2) 抗拉强度 材料在拉断前所承受的最大拉应力,以 R_m 表示,单位为 MPa 。抗拉强度计算公式为

$$R_m = F_b / S_0$$

式中 F_b ——试样断裂前所承受的最大载荷(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

抗拉强度表示材料抵抗均匀塑性变形的最大能力,是表征金属材料由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值,抗拉强度愈高的材料,所承受的载荷愈大。抗拉强度是设计机械零件和选材的主要依据。

二、塑性

金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性,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

拉伸试样拉断后,标距的相对伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率,用 A 表示,即

$$A = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

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)。

由于被测试样长度不同,测得的断后伸长率是不同的,长、短试样断后伸长率分别用符号 $A_{11.3}$ 和 A 表示。

2. 断面收缩率

拉伸试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与试样原始截面积的百分比称为断面收缩率,用 Z 表示,即

$$Z = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始截面积(mm^2);

S_1 ——试样被拉断时缩颈处的横截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,因此能更可靠的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,良好的塑性对机械零件的加工和使用都具有重要意义。例如,塑性良好的材料易于进行压力加工(轧制、冲压、锻造等);如果机械零件过载,由于产生塑性变形而不致突然断裂,可以避免事故发生。

三、硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的一种性能指标,也是指金属材料抵抗局部变形和局部破坏,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度试验方法很多,大体上可分为压入法、划痕法和回弹高度法等三大类,金属材料质量检验主要用压入法进行硬度试验。压入法是在规定的静态试验力作用下,将一定的压头压入金属材料表面层,然后根据压痕的面积大小或深度测定其硬度值。

在压入法中根据载荷、压头和表示方法的不同,常用的硬度测试方法有布氏硬度(HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC等)和维氏硬度(HV)。

1. 布氏硬度

如图 1-3 所示为布氏硬度试验原理图。它是用一定直径的硬质合金球做压头,以相应试验力压入被测材料表面,经规定保持时间后卸载,以压痕单位面积上所受试验力的大小来确定被测材料的硬度值,用符号 HBW 表示。布氏硬度值计算公式为

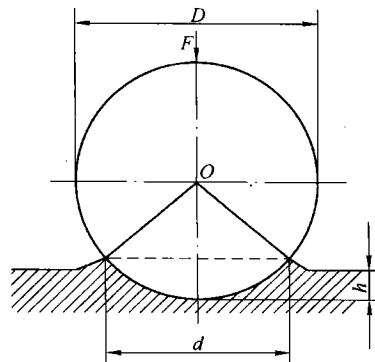


图 1-3 布氏硬度试验原理图

$$\text{HBW} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验力(N);

D ——压头直径(mm);

d ——压痕直径(mm)。

从上式可看出,当外载荷 F 、压头球体直径 D 一定时,布氏硬度值仅与压痕直径 d 有关。 d 越小,布氏硬度值越大,硬度愈高; d 越大,布氏硬度值越小,硬度越低。通常布氏硬度值不标出单位。在实际应用中,布氏硬度一般不用计算,而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径 d ,根据压痕直径的大小,再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。

布氏硬度的标注应包括压头类型、压头直径、试验力大小、试验力保持时间,例如,160HBW10/1 000/30 表示直径 D 为 10 mm 的硬质合金球压头,在 1 000 kgf 的试验力作用下,保持时间 30 s 时测得的布氏硬度值为 160。

布氏硬度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。

布氏硬度试验具有很高的测量精度,压痕面积较大,能较真实反映出材料的平均性能,另外,布氏硬度与抗拉强度之间存在一定的近似关系,因而在工程上得到广泛应用。

布氏硬度试验缺点是操作时间长,对不同材料需要更换压头和试验力,压痕测量也较费时间。由于球体本身变形会使测量结果不准确。因压痕较大,布氏硬度试验不适宜检验薄件或成品件。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬火钢球作为压头,试验时先施加初载荷,然后施加载荷,保持规定时间后卸除主载荷,依据压痕深度确定硬度值。

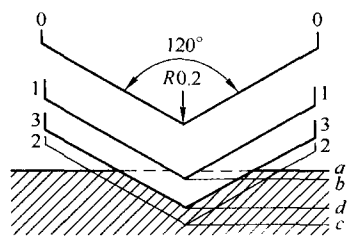


图 1-4 洛氏硬度试验原理图

如图 1-4 所示为洛氏硬度试验原理图。0—0 为 120° 金刚石压头没有与试件表面接触时的位置;1—1 为加初载后压头压入深度 ab ;2—2 为压头加载后的位置,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 ,洛氏硬度用 bd 大小来衡量。

实际应用时洛氏硬度可直接从硬度计表盘上读出。压头端点每移动 0.002 mm,表盘上转过一小格,压头移动 bd 距离,指针应转 $bd/0.002$ 格,洛氏硬度计算公式为

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

式中 K ——常数(金刚石作压头, $K = 100$; 钢球作压头, $K = 130$)。

为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度,可采用不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标尺,每种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后面加以注明。常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种,其中 C 标尺应用最广。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。

洛氏硬度试验法操作简单迅速,能直接从刻度盘上读出硬度值;测试的硬度值范围较大,既可测定软的金属材料,也可测定最硬的金属材料;试样表面压痕较小,可直接测量成品或薄工件。但由于压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料,硬度波动较大,为提高测量精度,通常测定三个不同点取平均值。

3. 维氏硬度

维氏硬度测定原理与布氏硬度基本相似,如图 1-5 所示为维氏硬度试验原理图。维氏硬度是用正四棱锥形压痕单位面积上承受的平均压力表示的硬度值。用符号 HV 表示,维氏硬度计算公式为

$$HV = 0.1891F/d^2$$

式中 F ——实验力(N);

d ——压痕两条对角线长度的算术平均值(mm)。

试验时用测微计测出压痕的对角线长度,算出两对角线长度的平均值后,查 GB 4340—1999 附表或计算就可得出维氏硬度值。

维氏硬度的标注应包括试验力大小、试验力保持时间,例如,640HV30 表示用 30 kgf 试验力,保持 10~15 s 测定的维氏硬度值为 640;640HV30/20 表示用 30 kgf 试验力,保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640。

维氏硬度适用范围广,从很软的材料到很硬的材料都可以测量,尤其适用于零件表面层硬度的测量,如化学热处理的渗层硬度测量,其测量结果精确可靠。但测量维氏硬度值时,需要测量对角线长度,然后查表或计算,而且进行维氏硬度测试时,对试样表面的质量要求高,测量效率较低,因此,维氏硬度没有洛氏硬度使用方便。

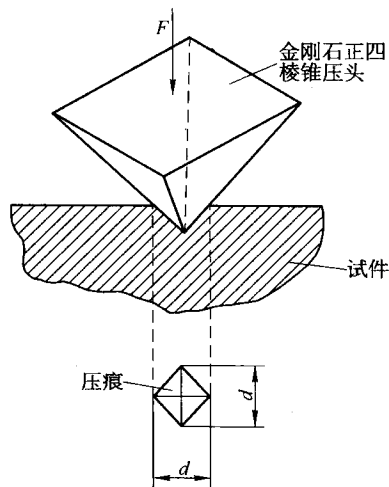


图 1-5 维氏硬度试验原理图

四、韧性

许多机械零件是在动载荷下工作的,如锻锤的锤杆、冲床的冲头、火车挂钩、活塞等。冲击载荷比静载荷的破坏能力大,对于承受冲击载荷的材料,不仅要求具有高的强度和一定塑性,还必须具备足够的韧性。韧性是金属材料在断裂前吸收变形能量的能力,韧性通常用冲击试验来测定。

1. 摆锤式一次冲击试验

摆锤式一次冲击试验是目前最普遍的一种试验方法。为了使试验结果可以相互比较,按国家标准 GB/T 229—2007 规定,将金属材料制成冲击试样。

摆锤冲击试验原理如图 1-6 所示。将标准试样安放在摆锤式试验机的支座上,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 。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 a_k ,计算公式如下:

$$a_k = A_k/S_0 = G(H_1 - H_2)/S_0$$

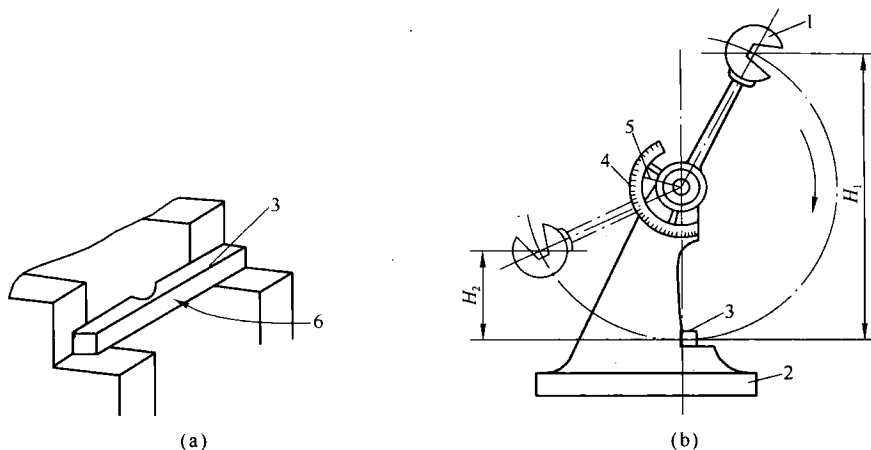


图 1-6 冲击试验示意图

1—摆锤；2—机架；3—试样；4—刻度盘；5—指针；6—冲击方向

式中 a_k ——冲击韧度(J/cm²)；
 A_k ——冲击吸收功(J)；
 G ——摆锤的重力(N)；
 H_1 ——摆锤举起的高度(m)；
 H_2 ——冲断试样后，摆锤的高度(m)；
 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 a_{kU} 或 a_{kV} 表示。

冲击韧度 a_k 越大，表明材料的韧性越好、受到冲击时不易断裂。冲击韧度 a_k 的大小受很多因素影响。

冲击韧度 a_k 对组织缺陷非常敏感，它可灵敏地反映出金属材料的质量、宏观缺口和显微组织的差异，能有效地检验金属材料在冶炼、加工、热处理工艺等方面的质量。

冲击韧度 a_k 对温度非常敏感，通过一系列温度下的冲击试验可测出金属材料的脆化趋势和韧脆转变温度。在试验时，随试验温度的降低，冲击韧度 a_k 总的变化趋势是随温度降低而降低，当温度降至某一数值时，冲击韧度 a_k 急剧下降，金属材料由韧性断裂变为脆性断裂，这种现象称为冷脆转变。在试验中，冲击韧度 a_k 急剧变化或断口韧性急剧转变的温度区域，称为韧脆转变温度。韧脆转变温度是衡量金属材料冷脆倾向的指标。金属材料的韧脆转变温度越低，说明金属材料的低温抗冲击性越好。

因此冲击韧度一般只作为选材时的参考，而不能作为计算依据。

2. 多次冲击试验

在工程实际中，在冲击载荷作用下工作的机械零件，很少因承受大能量一次冲击而破坏，大多数是经千百万次的小能量多次重复冲击，最后导致断裂。如冲模的冲头、凿岩机上的活塞等，所以用 a_k 来衡量材料的冲击抗力不符合实际情况，应采用小能量多次重复冲击试验来测定。

金属材料在多次冲击下的破坏过程是由裂纹产生、裂纹扩张和瞬时断裂三个阶段组成。

它是多次冲击损伤积累发展的结果,不同于一次性冲击的破坏过程。因此材料的多次冲击抗力是一项取决于材料强度和塑性的综合性指标,冲击能量高时,材料的多次冲击抗力主要取决于塑性;冲击能量低时,主要取决于强度。

五、疲劳强度

1. 疲劳现象

许多机械零件,如轴、齿轮、轴承、弹簧等,在循环载荷作用下,经过一定时间的工作后会突然断裂,这种现象称为金属材料的疲劳。疲劳断裂时不产生明显的塑性变形,断裂是突然发生的,因此,具有很大的危险性,常常造成严重的事故。据统计,损坏的机械零件中80%以上是因疲劳造成的。

疲劳断裂首先是在零件的应力集中区域产生,先形成微小的裂纹核心,即裂纹源。随后在循环应力作用下,裂纹继续扩展长大。由于疲劳裂纹不断扩展,使零件的有效工作面逐渐减小,因此,零件所受应力不断增加,当应力超过金属材料的断裂强度时,则发生疲劳断裂。

2. 疲劳强度的定义

金属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。如图1-7所示是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 越少;反之,则 N 越大。当应力低于一定值时,试样经无限周次循环也不破坏,此应力值称为材料的疲劳强度,用 σ_r 表示;对称循环(见图1-8) $r = -1$,故疲劳极限用 σ_{-1} 表示。实际上,金属材料不可能作无限次交变载荷试验。对于黑色金属,一般规定循环周次 10^7 而不破坏的最大应力为疲劳强度,有色金属和某些高强度钢,规定循环周次 10^8 。

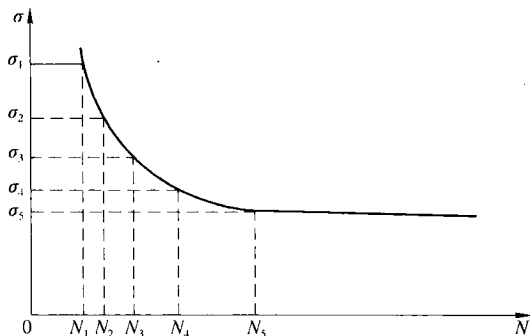


图 1-7 疲劳曲线示意图

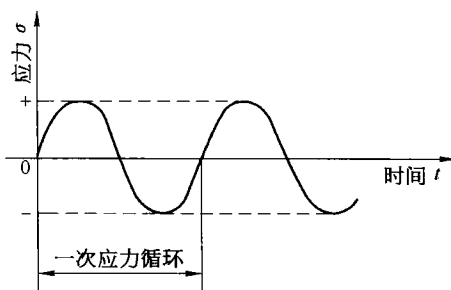


图 1-8 对称循环交变应力图

3. 提高疲劳强度的途径

金属产生疲劳与许多因素有关,目前普遍认为这是由于材料内部有缺陷,如夹杂物、气孔、疏松等;表面划痕、残余应力及其他能引起应力集中的缺陷导致微裂纹产生,这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,致使零件突然断裂。

针对上述原因,为了提高零件的疲劳极限强度,应改善结构设计避免应力集中;提高加工工艺、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、