



中等职业技术学校数控技术应用专业教材

ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JISHU YINGYONG ZHUANYE JIAOCAI

机械基础

JIXIE JICHU



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/伍玉坤, 杨胜卫主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

中等职业技术学校数控技术应用专业教材

ISBN 978-7-5045-6255-5

I. 机… II. ①伍…②杨… III. 机械学 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 138412 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 373 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价: 26.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

编审人员名单

(按姓氏笔画排列)

主 编 伍玉坤 杨胜卫

副主编 林振琨 黄全新 吕 玲 潘新奇 李献龙
陈煜明

参 编 周雪琴 卢 元 龚炽丰 林灿东 陆明生
卢彩林 肖 琦

前 言

为了更好地满足中等职业技术学校数控技术应用专业的教学要求,适应广西壮族自治区的实际情况和职教特色,促进广西地区数控技术人才的培养,劳动和社会保障部教材办公室组织广西有关学校的职业教育研究人员、一线教师 and 行业专家在广泛调研的基础上,开发了这套中等职业技术学校数控技术应用专业教材。

这套数控技术应用专业教材主要包括《机械制图与 AutoCAD》《机械基础》《机械加工工艺与实训》《机床电气控制基础》《CAD/CAM 软件应用实训教程》《数控车削实训教程》《数控铣削实训教程》《数控机床结构、原理与维护保养》。以后我们还会根据教学需要和行业发展,推出其他数控教材。

本套教材的编写原则是:以就业为导向,以学生为主体,以培养中等数控技术应用型人才为根本任务,以数控技术应用岗位必备的能力和基本素质为主线,构建课程的知识结构,重组课程体系;突出理论知识在实践中的应用和实际能力的培养,以技能和能力培养为重点,坚持常规机械制造技术训练与数控技术训练相结合,坚持实验室模拟编程仿真教学与数控机床单机实操实训相结合,构建具有中职特色的理论教学和实践教学新体系。

本套教材的编写特点是:

一是从生产实际出发,合理安排教材的知识和技能结构,突出技能性培养,摒弃“繁难偏旧”的理论知识。

二是以国家相关职业标准为依据,确保在知识内容和技能水平上符合国家职业技能鉴定标准。

三是引入新技术、新工艺内容,反映行业的新标准、新趋势,淘汰陈旧过时的技术,拓宽专业技术人员的知识眼界。

四是在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进,力求做到图文

并茂。

本套教材的编写工作得到了广西教苑图书有限公司的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

《机械基础》的主要内容有：金属的性能与组织、钢的热处理、金属材料、公差与配合、技术测量、机械传动与轮系、常用机构、轴系零件、液压传动与气压传动。

劳动和社会保障部教材办公室

2007年6月

目 录

第一章 金属的性能与组织	(1)
第一节 金属的力学性能和工艺性能	(1)
第二节 铁碳合金状态图	(11)
第二章 钢的热处理	(21)
第一节 热处理原理及工艺分类	(21)
第二节 钢在加热时的组织转变	(24)
第三节 钢在冷却时的组织转变	(27)
第四节 钢的退火与正火	(31)
第五节 钢的淬火与回火	(34)
第六节 表面热处理	(40)
第七节 热处理新技术简介	(44)
附表 2—1 热处理部分现行标准	(46)
附表 2—2 热处理部分常用物理量符号	(46)
第三章 金属材料	(48)
第一节 金属材料分类	(48)
第二节 常用钢铁产品的牌号表示方法	(49)
第三节 碳素钢	(51)
第四节 合金钢	(59)
第五节 铸铁	(77)
第六节 有色金属及硬质合金	(84)
附表 3—1 钢铁材料部分现行标准	(91)
第四章 公差与配合	(92)
第一节 尺寸公差	(92)
第二节 形位公差	(102)
第三节 表面粗糙度	(106)

第五章 技术测量	(109)
第一节 测量技术基础知识	(109)
第二节 常用测量工具及使用方法	(112)
第三节 孔轴尺寸公差检测	(128)
第六章 机械传动与轮系	(133)
第一节 带传动和链传动	(133)
第二节 螺纹连接与螺纹传动	(141)
第三节 齿轮传动与蜗杆传动	(151)
第四节 轮系	(164)
第七章 常用机构	(172)
第一节 平面连杆机构	(172)
第二节 凸轮机构的组成	(183)
第三节 间歇运动机构	(189)
第八章 轴系零件	(196)
第一节 轴	(196)
第二节 轴承	(200)
第三节 联轴器、离合器和制动器	(212)
第九章 液压传动与气压传动	(223)
第一节 液压传动基本知识	(223)
第二节 液压元件	(227)
第三节 液压基本回路及液压系统	(236)
第四节 气压传动	(243)

第一章

金属的性能与组织

金属材料具有许多良好的性能，是机械工程中应用最广泛的材料。金属材料的性能一般分为使用性能和工艺性能两大类。使用性能主要包括：物理性能，如密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性；化学性能，如耐腐蚀性、抗氧化性、化学稳定性；力学性能，如强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度。工艺性能主要包括材料的铸造性能、锻造性能和切削加工性能。

本教材只介绍金属的力学性能和工艺性能。

第一节 金属的力学性能和工艺性能

一、金属的力学性能

金属的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的抵抗性能，其主要指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等。

1. 强度

强度是指金属材料在载荷（即外力）作用下，抵抗变形和破坏的能力。抵抗能力越大，强度越高。根据载荷的作用方式，有多种强度指标，如抗拉强度、抗压强度、抗扭强度、抗弯强度、抗剪强度等几种。其中，以拉伸试验所得的抗拉强度指标的应用最为广泛，抗拉强度指标与其他强度指标有一定的关系，知道抗拉强度就可以近似地预测其他强度指标。

拉伸试验是在拉伸机上进行的，其试样是用退火状态的金属材料按国家有关标准规定要求制作而成。如图 1—1 所示，图中 d 是试样的直径， L_0 为标距长度。 $L_0/d=10$ 的试样称为长试样， $L_0/d=5$ 的试样称为短试样。

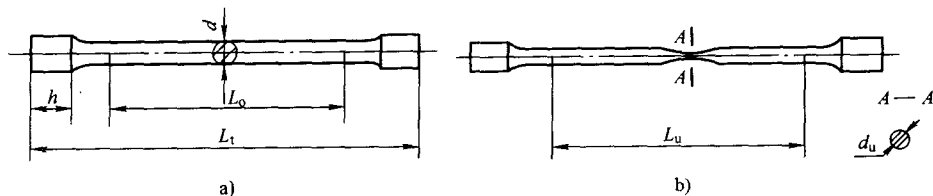


图 1—1 线材拉伸试样

a) 拉伸前 b) 拉伸后

试验方法是將试样放到试验机上，在试样两端施加静拉力，然后均匀缓慢地增大静拉力，直到拉断为止，试验过程中，同时连续测量拉力和相应的伸长量（即变形量），以纵坐

标表示应力，单位为 N，横坐标表示伸长量，单位为 mm，可作出如图 1—2 所示的拉伸曲线图，又称“应力—应变曲线图”。从曲线可明显地看出整个变形经过了以下几个阶段：

(1) oe ——弹性变形阶段。在此阶段，试样变形完全是弹性的，其伸长量与载荷成正比，载荷卸除后，试样变形立即消失，试样会恢复到试验前的状态，这种变形称为弹性变形。 F_{pe} 是试样能恢复原始形状和尺寸的最大拉伸力。

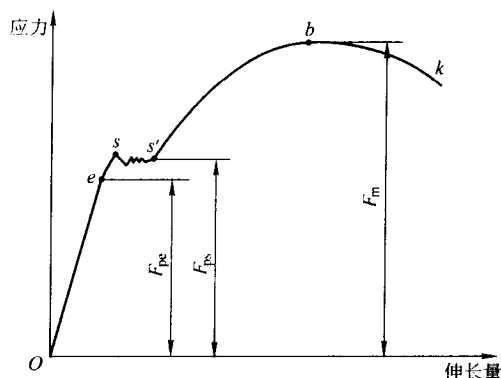


图 1—2 低碳钢拉伸曲线图

(2) es ——微量塑性变形阶段。当载荷超过 F_{pe} 时，试样进一步变形，若把载荷卸除，试样的变形只能部分消除，而保留部分残余变形，这种不能随载荷的卸除而消失的变形称为塑性变形。

(3) ss' ——屈服阶段。当载荷增大到 F_{ps} 后，在载荷没有增大或变化很小的情况下，伸长量继续增大，这种变形现象称为屈服。在拉伸曲线图上表现为水平线或锯齿状曲线。

(4) $s'b$ ——强化阶段。当载荷超过 F_{ps} 后，试样的伸长量与载荷以曲线关系上升，表明欲使试样继续伸长变形，必须不断增加载荷，同时也表明在超过 F_{ps} 后，试样已开始产生大量的塑性变形。随着塑性变形的增加，试样的变形抗力也逐渐增大，这种现象称为形变强化，也称为加工硬化。

(5) bk ——颈缩阶段。当载荷达到最大值 F_m 时，试样的某一部位截面开始急剧减小，产生所谓的“颈缩”现象。由于试样局部截面的逐渐缩小，载荷也逐渐降低，当达到拉伸曲线图上 k 点时，试样随即断裂。

并不是所有的金属材料都有明显的屈服现象，对于低塑性（即脆性）材料，不仅没有屈服现象，也不产生“颈缩”。

从拉伸试验的应力—应变关系可得出金属材料的 3 个主要强度指标：

弹性极限 σ_e ：金属材料抵抗弹性变形的最大应力。表达式为：

$$\sigma_e = \frac{F_{pe}}{S}$$

式中 F_{pe} ——弹性变形阶段的最大载荷，N；

S ——试样原始横截面积， mm^2 。

屈服强度：金属材料产生屈服时的应力称为屈服强度，分为上屈服强度和下屈服强度，分别用符号 R_{eH} 和 R_{eL} 表示。屈服强度的大小可由下式求得，单位是 MPa。

$$R_{eL} = \frac{F_e}{S_0}$$

式中 F_e ——试样产生屈服时的载荷，N；

S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 。

抗拉强度 R_m ：材料在断裂前所能承受的最大应力称为抗拉强度，用符号 R_m 表示，其

大小可由下式求得，单位是 MPa。

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中 F_m ——试样拉断前承受的最大载荷，N；

S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 。

2. 塑性

塑性是指材料在载荷的作用下，发生塑性变形而不破坏（不断裂）的能力。衡量材料塑性好坏的指标是断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率 A (%)。断后伸长率是指试样拉伸断裂时伸长量与原始长度比值的百分率。表达式为：

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样原始标距长度，mm；

L_u ——试样拉断时的标距长度，mm。

(2) 断面收缩率 Z (%)。断面收缩率是指试样拉断时断口横截面积的缩小量与试样原始横截面积比值的百分率。表达式为：

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 ；

S_u ——试样拉断时断口横截面积， mm^2 。

断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 的数值越大，表示材料的塑性越好。金属塑性的好坏，对金属的加工和使用有着十分重要的意义。塑性好的材料可以发生大量的塑性变形而不破坏，可通过塑性变形加工成形状复杂的零件。例如，工业纯铁的 A 可达 50%， Z 可达 80%，可拉成细丝，轧成薄板等。普通铸铁的塑性很差， A 和 Z 几乎为零，不能进行压力加工，只能进行铸造。具有一定塑性的材料能保证材料不致因稍有超载就突然断裂，增加了材料使用的安全可靠性能。

3. 硬度

硬度是指材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力，是金属表面局部体积内抵抗塑性变形和破坏的能力。硬度是衡量材料软硬的一个指标，是强度、塑性等性能的综合表征。硬度是金属材料重要的性能之一，也是各种零件和工具必须具备的性能指标，在机械制造业中，刀具、量具、模具等为保证其使用性能和寿命，都要求具备足够的硬度。其他零件如齿轮齿面，为保证其耐磨性和使用寿命，也要求有一定的硬度。

硬度的测定方法有很多，有压入硬度测试法、划痕硬度测试法等，各种方法所需设备相对简单，操作容易、迅速，又不损坏金属零件表面，而且硬度值还可以间接反映金属的强度及金属在化学成分、金相组织和热处理工艺上的差异，因此，硬度试验在生产和科研中应用都很广泛。

常用的硬度测定法是压入法，它是用一定的静载荷把测量压头压在金属表面上，通过测定压痕的面积或深度来确定其硬度，布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度 3 种硬度值的测定均采

用压入法。

(1) 布氏硬度

1) 测试方法、原理。如图 1—3 所示, 布氏硬度的测定原理是以一定的试验载荷 F , 把直径为 D 的硬质合金球压入试样表面, 按规定保持一定时间后卸除载荷, 用试验载荷 F 除以压痕面积 S 所得的商作为布氏硬度值, 其计算公式如下:

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

式中 HBW ——用硬质合金球试验时的布氏硬度值;

F ——实验载荷, N;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕平均直径, mm。

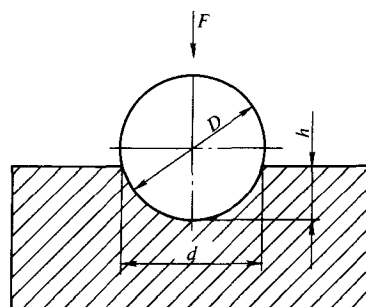


图 1—3 布氏硬度测试原理

试验时用专门的刻度放大镜测量出压痕的平均直径 d , 经计算或查表可得出所测量材料的布氏硬度值。

2) 布氏硬度的符号^①

①当试验的压头为淬火钢球时, 用 HBS 表示, 适合硬度值在 450 以下的材料。

②当试验的压头为硬质合金球时, 用 HBW 表示, 适合硬度值在 450~650 的材料。

3) 布氏硬度表示方法。符号 HBW 之前的数字为硬度值, 符号后面依次为试验用球体直径、试验载荷、试验载荷保持时间 (10~15 s 不标注)。

例如: 530HBW5/750 表示用直径 5 mm 的硬质合金球, 在 7.355 kN (750 kgf) 的载荷作用下, 保持 10~15 s 时测得的布氏硬度值为 530。

4) 布氏硬度实验规范。有关布氏硬度试验规范见表 1—1。

表 1—1

布氏硬度试验规范

金属种类	布氏硬度值 (HBW) 范围	试样厚度/mm	载荷 F 与钢球直径 D 的关系	钢球直径 D /mm	载荷 F /N	载荷保持时间/s
黑色金属	140~450	>6	$F=30D^2$	10.0	30 000	10
		6~3		5.0	7 500	
		<3		2.5	1 875	
	<140	>6	$F=10D^2$	10.0	10 000	10
		6~3		5.0	2 500	
		<3		2.5	625	
有色金属	>130	>6	$F=30D^2$	10.0	30 000	30
		6~3		5.0	7 500	
		<3		2.5	1 875	

① 在 GB/T 231—1984 中如此规定。

续表

金属种类	布氏硬度值 (HBW) 范围	试样厚度/mm	载荷 F 与钢球 直径 D 的关系	钢球直径 D /mm	载荷 F /N	载荷保持 时间/s
有色金属	36~130	>6	$F=10D^2$	10.0	10 000	30
		6~3		5.0	2 500	
		<3		2.5	625	
	8~35	>6	$F=2.5D^2$	10.0	2 500	60
		6~3		5.0	625	
		<3		2.5	156.5	

为保证试验结果的准确性, 试验压痕直径应在 $0.25D < d < 0.6D$ 范围内。在条件允许的情况下, 应尽量选用直径为 10 mm 的球体作为压头。选用不同的 F/D^2 试验所得的布氏硬度值不能直接比较。

5) 布氏硬度试验的主要特点。布氏硬度试验的优点是测定数据稳定、准确, 数据可重复性强。其缺点是压痕较大, 易损坏零件表面, 不适用于太薄的试样。

6) 应用范围。布氏硬度只适用于硬度较低、尺寸较大的金属材料, 常用于测定退火、正火、调质钢材、铸铁和有色金属的硬度, 特别是对于软金属, 如铝、铅、锡等更为适宜。进行布氏硬度试验时, 如果用钢球压头测量, 硬度值必须小于 450, 用硬质合金压头测量时, 硬度值必须小于 650。

(2) 洛氏硬度。当材料硬度较高或试样过小时, 可用洛氏硬度计进行硬度测定。

1) 测试方法、原理。如图 1—4 所示, 用金刚石圆锥或淬火钢球作为压头, 0—0 为压头未与试样接触的位置。按以下方法加载测定洛氏硬度:

首先, 加初载荷 F_0 , 使压头从 0—0 位置压至 1—1 位置, 压入金属表面深度为 h_1 。其次, 保持初载荷 F_0 , 再加主载荷 F_1 , 使压头压至 2—2 位置, 压入金属表面深度为 h_2 , 此时总载荷 $F=F_0+F_1$ 。最后, 卸除主载荷 F_1 , 保持初载荷 F_0 , 由于金属弹性变形的恢复, 压头回到 3—3 位置, 此时压入深度为 h_3 , 残余压痕深度为 $h=h_3-h_1$ 。则洛氏硬度值可按下面公式计算:

$$\text{洛氏硬度值} = C - \frac{h}{0.002}$$

式中 h ——残余压痕深度;

C ——常数, 当压头为淬火钢球时 $C=130$, 压头为金刚石圆锥时 $C=100$;

0.002——残余压痕深度单位, 规定每压入 0.002 mm 为 1 个硬度单位。

材料硬度越高, 残余压痕深度 h 越小, 测得的硬度值越大。洛氏硬度值可从试验机的表盘上直接读出。

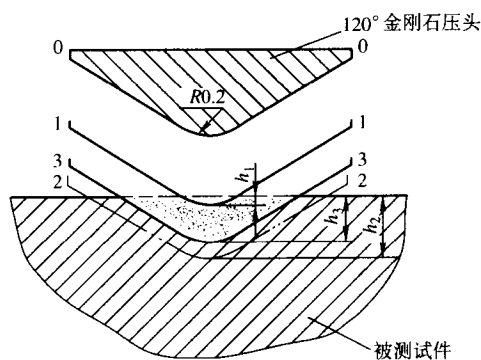


图 1—4 洛氏硬度试验原理

2) 洛氏硬度试验的主要特点。洛氏硬度试验的优点是操作简单、迅速,可在成品零件表面上进行试验,能直接从试验机表盘上读出硬度值,试验压痕小,可对较薄工件或表面薄层的硬度进行测定,可测定从很软到很硬的各种金属材料的硬度。其主要缺点是压痕小,代表性差,精确度差,硬度值可重复性差,通常需要在不同部位测定,取平均值来代表金属材料的硬度。

3) 洛氏硬度的符号和表示方法、常用洛氏硬度试验条件和适用范围。为了能用一台硬度计测定软硬不同的金属材料的硬度,可采用不同的压头和总载荷 ($F_0 + F_1$),组成 15 种洛氏硬度标尺,每一种标尺用 1 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 HRA、HRB、HRC 3 种,其中以 HRC 应用最为广泛。常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围见表 1—2。

表 1—2 常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

硬度标尺符号	压头类型	总载荷/N	硬度值有效范围	适用范围
HRA	锥角 120° 的金刚石圆锥	588	60~85HRA	硬质合金、表面淬硬层、渗碳层
HRB	直径 1/16 英寸 (φ1.588 mm) 淬火钢球	980	25~100HRB	有色金属,退火、正火钢
HRC	锥角 120° 的金刚石圆锥	1 470	20~67HRC	调质钢、淬火钢

注:各种不同标尺的洛氏硬度值不能直接进行比较,但可用实验测定的换算表相互比较。

(3) 维氏硬度

1) 测试方法、原理。维氏硬度测定的方法、原理基本上与布氏硬度试验相同,也是以单位压痕面积上的载荷作为硬度计量,两者不同之处是维氏硬度测试所用的压头是一个两相对面间夹角为 136° 的金刚石正四棱锥体,其试验原理如图 1—5 所示。试验时,压头在载荷 F 的作用下,在试样表面上压出下方形锥面压痕,只要测量出压痕对角线的平均长度 d ,即可计算出压痕面积 S 。维氏硬度 HV 按下面公式计算:

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \approx 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

式中 F —— 载荷, N;

d —— 压痕对角线长度的算术平均值, mm。

在实际应用中,一般维氏硬度不进行计算,而是根据压痕对角线长度的算术平均值直接从表中查得。

2) 维氏符号和表示方法。维氏硬度的符号用 HV 表示,维氏硬度标注方法是在符号 HV 前面标出硬度值, HV 后面用数字表示试验条件,依次是试验载荷大小和载荷保持时间 (10~15 s 不标出)。

例如: 640HV300 表示用 300N 的载荷保持 10~15 s 测定的维氏硬度值为 640。

640HV300/20 表示用 300 N 的载荷保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640。

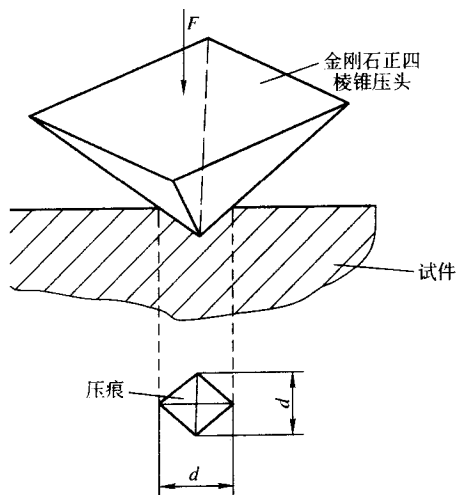


图 1—5 维氏硬度试验原理

3) 维氏硬度测试的主要特点。维氏硬度测试所加的载荷小, 压入深度浅。维氏硬度试验的硬度值具有连续性 (10~1 000 HV), 可测定从很软到很硬的各种金属材料的硬度值。维氏硬度试验测得的压痕轮廓清晰, 数值准确性高。维氏硬度试验的缺点是测试过程烦琐, 生产率不如洛氏硬度试验高, 所以不宜用于成批生产的常规检验。

布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度 3 种硬度值没有直接的换算公式, 如需换算, 可查有关换算表。

4. 冲击韧性

(1) 冲击韧性的概念。金属材料的冲击韧性是指金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力。冲击载荷是指加速度很快且作用时间很短的载荷。

许多机械零件通常要在冲击载荷作用下工作, 如活塞销、锤杆、冲模、锻模、凿岩机零件等。这些零件在制造选材时, 不能仅用静载荷作用下的指标来衡量材料的性能, 还要考虑材料抵抗冲击载荷的能力。

(2) 冲击韧性测试。目前最常用的冲击韧性测试方法是用一次摆锤冲击弯曲试验来测定金属材料的韧性。

1) 冲击试样。为了使试验结果具有可比性, 冲击韧性试验所用的试样要根据国家有关标准来选择或制作。常用的试样有 10 mm×10 mm×55 mm 的 V 形缺口和 U 形缺口试样, 如图 1—6 所示。脆性材料不开缺口。

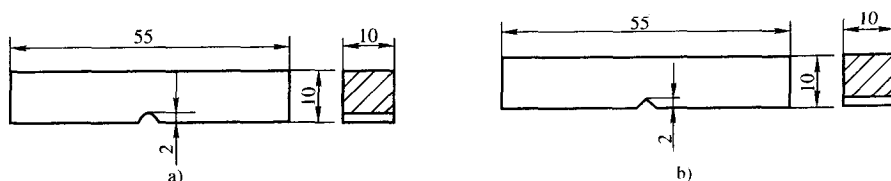


图 1—6 常用冲击试验试样

a) U 形缺口 b) V 形缺口

2) 试验的原理及方法。冲击韧性试验是利用能量守恒原理, 试样被冲断过程中吸收的能量等于摆锤冲击试样前后的势能差。

将试验试样放在试验机支座上, 试样缺口背向摆锤的冲击方向 (见图 1—7a), 将质量为 m 的摆锤抬到规定高度 H_1 , 此时摆锤获得的势能为 mgH_1 , 然后使摆锤自由落下, 将试样冲断, 由于惯性, 摆锤继续上摆到高度 H_2 (见图 1—7b), 此时摆锤获得的势能为 mgH_2 , 摆锤冲断试样所消耗的功即是试样被冲断所吸收的功, 称为冲击吸收功, 用 A_K 表示, 则

$$A_K = mgH_1 - mgH_2 = mg(H_1 - H_2)$$

用冲击吸收功 A_K 除以试样缺口处的横截面积 S_0 所得的值即为材料的冲击韧性, 用 α_K 表示, 则计算公式为:

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S_0}$$

α_K 单位为焦耳/厘米² (J/cm²)。

α_K 值越大, 材料冲击韧性越好, α_K 值越小, 材料冲击韧性越差。一般来说, 强度、塑性两者均好的材料, 其 α_K 值也大。

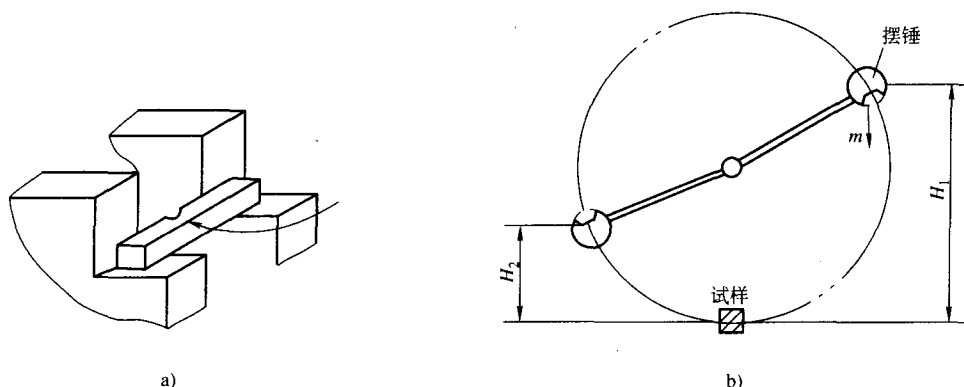


图 1—7 冲击试验原理

a) 试样放置位置 b) 冲击示意图

使用 U 形缺口试样试验时, 冲击吸收功和冲击韧性分别用 A_{KU} 和 α_{KU} 表示; 使用 V 形缺口试样试验时, 冲击吸收功和冲击韧性分别用 A_{KV} 和 α_{KV} 表示。

(3) 小能量多次冲击。实际上承受冲击载荷的零件, 很少是在一次大能量冲击下遭受破坏的, 绝大多数情况下这些零件承受的冲击载荷属于小能量的多次冲击载荷。一次冲击能量还不足以把零件冲断, 它们遭受破坏是由于多次冲击损伤的积累, 导致裂纹产生与扩展的结果。实践表明, 一次冲击韧性好的材料, 小能量多次冲击抵抗力不一定强。因此, 对承受冲击载荷的零件, 用小能量多次冲击试验得到的韧性更符合实际, 其试验原理如图 1—8 所示。试样在冲头多次冲击下断裂时, 所能经受的冲击次数 N , 代表金属材料的抗冲击能力。材料在小能量多次冲击条件下, 其冲击抗力主要取决于材料的强度和塑性。

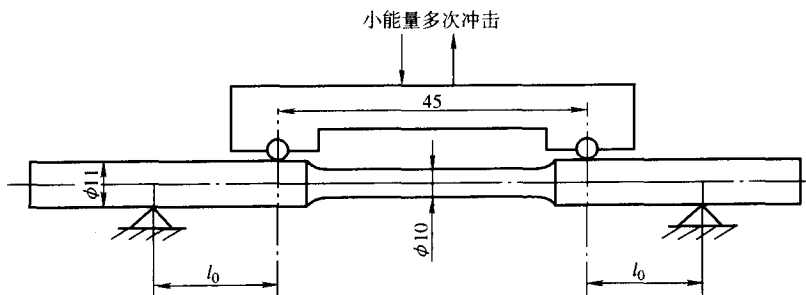


图 1—8 小能量多次冲击试验原理

5. 疲劳强度

轴、齿轮、轴承、弹簧等机械零件经常是在交变应力（大小和方向随时间作周期性变化的应力）作用下工作, 它们所承受的应力通常都远低于其材料的屈服强度, 但在交变应力的反复作用下, 零件经过长时间工作后也会发生破坏, 这种破坏现象称为金属材料的“疲劳”。

金属材料的疲劳是在交变载荷的作用下, 经一定的循环周次后出现的, 材料承受的循环交变应力越大, 产生疲劳破坏前能进行循环工作的周次越少, 如图 1—9 所示钢的疲劳曲线图, 可以看出当交变应力减小到某一值时, 材料可经受无数次应力循环作用而不破坏。材料在无数次交变载荷作用下不破坏的最大应力值称为材料的疲劳强度, 也称为疲劳极限, 疲劳

强度常用 σ_{-1} 表示。

实际上金属材料不可能在无数次应力循环作用下都不产生破坏，一般规定，钢在 10^7 周次应力循环作用下不断裂时所能承受的最大应力称为疲劳强度，有色金属、不锈钢等材料则取 10^8 周次。

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一，机械零件失效绝大部分属于疲劳破坏，而且疲劳断裂的发生是突然的，疲劳破坏前没有明显的变形，具有很大的危险性。

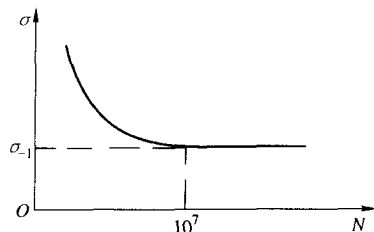


图 1—9 钢的疲劳曲线图

影响零件疲劳强度的主要因素有循环应力、温度、材料组成化学成分、显微组织、表面质量、残余应力等，可通过合理选材、改善材料结构形状、避免应力集中、减小材料和零件缺陷、减小表面粗糙度、采取喷丸进行表面强化等措施提高零件的疲劳强度。

二、金属的工艺性能

金属的工艺性能是指金属材料在接受各种加工方法加工时成形的难易程度，包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能等。

1. 铸造性能

金属材料的铸造性能是指金属材料在铸造生产中所表现出的工艺性能，一般用金属材料的流动性、收缩性、偏析倾向、吸气和氧化等性能加以综合衡量，其中以流动性和收缩性对铸件质量的影响最大。

(1) 流动性。液态金属的流动能力称为流动性。流动性好的金属材料在铸造时易于充满铸型，从而获得形状完整、轮廓清晰的铸件，易于制造壁薄、形状复杂的铸件。流动性主要与材料的化学成分和铸造工艺条件有关，化学成分不同的材料具有不同的流动性，能减小液态金属流动阻力、延长凝固时间的工艺条件都能提高金属材料的流动性。

(2) 收缩性。收缩性是指液态金属在冷却凝固时体积和尺寸收缩量的大小。收缩是金属材料本身的物理性质，是铸件中缩孔、缩松、裂纹、变形、残余内应力等缺陷产生的基本原因。收缩性与金属材料的化学成分和铸造工艺等有关。如化学成分的变化、浇注温度的高低、铸件结构及铸型条件的变化等均对收缩性有影响，用于铸造的金属材料的收缩率越小越好。

2. 锻造性能

金属材料的锻造性能是指金属材料经受锻压加工时成形的难易程度，亦称可锻性。金属材料的锻造性能用材料的塑性和变形抗力来综合评定。塑性越好，变形抗力越小，金属的锻造性能越好。

影响金属材料锻造性能的因素主要有金属的化学成分、组织结构、变形条件等。一般来说，纯金属的锻造性能比合金的好，合金中合金元素含量越高，化学成分越复杂，其锻造性能就越差。常见的金属材料中，碳钢在加热状态下锻造性能较好，而且含碳量越高，其锻造性能越差；铸铁不能进行锻压加工；有色金属中，黄铜、铝合金等在室温状态下有良好的锻造性能。变形条件如温度、变形速度、变形受力时的应力状态等也是影响锻造性能的主要因素。变形温度升高时，变形抗力降低而塑性增大，可改善锻造性能。变形速度增大会使锻造

性能变差,若变形速度超过某一临界值,锻造性能则得到改善。采用的锻造方法不同,金属材料受力时的应力状态不同,锻造性能也不一样。

3. 焊接性能

金属材料的焊接性能是指金属材料在一定焊接条件下获得优良焊接接头的难易程度,亦称可焊性。金属材料的焊接性能主要与焊件材料、焊接工艺、焊接结构、焊件使用条件等因素有关,常见的金属材料中,碳钢具有较好的焊接性能,高碳钢的焊接性能较差,铸铁的焊接性能更差,铜、铝合金的焊接性能一般都比碳钢差。

4. 切削加工性能

金属材料的切削加工性能是指金属材料接受刀具切削加工的难易程度,亦称可切削性。衡量切削加工性能的指标有刀具寿命、切削力大小、切削温度高低、加工表面质量、断屑难易程度等。影响切削加工性能的因素主要有被加工金属材料的硬度、强度、塑性、韧性等力学性能,物理性能方面有导热性、线膨胀系数等,材料的化学成分、热处理状态、金相组织也是影响切削加工性能的主要因素。通过热处理改变材料的组织和机械性能、调整材料的化学成分等途径可改善金属材料的切削加工性能。

【本节小结】

1. 金属的机械性能是指金属材料在外力作用下表现出来的抵抗性能,主要包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等五大指标。每个指标都可以通过实验求出。

2. 金属的工艺性能是指金属材料在接受各种加工方法加工时成形的难易程度,主要包括材料的铸造性能、锻造性能、焊接性能和切削加工性能等。

【练习与提高】

一、填空题

1. 金属材料的性能可分为_____和_____两大类。
2. 金属材料的力学性能包括_____,_____,_____,_____,_____。
3. 强度是指金属材料在载荷作用下抵抗_____的能力。
4. 塑性是指金属材料在载荷作用下发生_____变形而_____的能力,衡量材料塑性的指标是_____ (符号_____)和_____ (符号_____)。
5. 金属材料的硬度是指金属材料抵抗_____能力。
6. 150HBW10/1000/30 表示:用直径为_____ mm、材料为_____的压头,在_____ kN (_____ kgf) 载荷的作用下,保持_____ s 时间,测得的_____ 氏硬度值为_____。
7. 500HBW5/750 表示:用直径为_____ mm、材料为_____的压头,在_____ kN (_____ kgf) 载荷的作用下,保持_____ s 时间,测得的_____ 氏硬度值为_____。
8. 金属材料的冲击韧性是指金属材料抵抗_____载荷而不破坏的能力。
9. 金属材料的“疲劳”是指金属材料在低于其屈服强度的_____应力的长时间反复作用下发生破坏的现象。金属疲劳强度用符号_____表示。