

高职高专机电类专业“十一五”规划教材



机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

主编 肖 龙 黄淑敏



郑州大学出版社

内容简介

本书是高职高专机电类专业“十一五”规划教材之一。全书主要包括金属材料、塑料、橡胶、陶瓷、复合材料的基本知识、常用牌号、热加工工艺和应用等。

本书可作为高职高专院校机电类专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/肖龙,黄淑敏主编. —郑州:郑州大学出版社,2008.8

高职高专机电类专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 81106 - 897 - 9

I. 机… II. ①肖…②黄… 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 117139 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

·黄委会设计印刷厂印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:17.25

字数:411 千字

版次:2008 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2008 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 897 - 9

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 肖 龙 黄淑敏

副主编 邵 堃 靳兆文

编 委 (以姓氏笔画为序)

车 威 刘昌云 杨 辉

肖 龙 邵 堃 胡世超

贾焕丽 涂 勇 黄淑敏

靳兆文

本书是高职高专机电类专业“十一五”规划教材之一。根据教育部提出高职高专院校“以培养生产第一线需要的高等技术应用性人才为根本任务”的要求,有关教师在总结各院校近年来教学经验的基础上,集体编写了这本教材。机械制造基础是机械类专业的主干课程,本书根据高职高专院校的教学特点,突出了应用性和实践性,以必需、够用的基本理论知识为基础,以工程材料及其毛坯成型工艺为主线,力求理论与实践的紧密结合,内容深入浅出。

全书共分11章,主要内容包括金属材料、塑料、橡胶、陶瓷、复合材料的基本知识、常用牌号、热加工工艺和应用等。通过课程学习,能掌握常用工程材料的牌号、性能、用途及选用原则,具有制订常用工程材料的成型工艺及确定其工序位置的能力,了解常用工程材料的成分、组织结构与性能的关系及变化规律、热加工工艺,从而为学习后续专业课和毕业后从事机械及相关工作打下基础。

参加本书编写的有贾焕丽(第1、2章)、黄淑敏(第3章)、刘昌云(第4章)、车威(第5章5.1~5.5节)、涂勇(第5章5.6节及第6章)、靳兆文(第7章)、肖龙(第8章)、邵堃(第9章)、杨辉(第10章)、胡世超(第11章及附录)。全书由肖龙、黄淑敏任主编,邵堃、靳兆文任副主编。

在本书的编写过程中,编者借鉴、参考和引用了教学过程中使用或参考过教材的部分内容和其他书刊、资料的相关内容,在此对相关作者一并表示衷心的感谢。

高等职业技术教育正在迅速发展,教学内容的改革正处在探索之中,由于业务水平和学科知识的局限,书中不妥之处在所难免,恳请使用本书的读者批评并提出宝贵意见。

编者

2008年5月

第1章 金属材料的力学性能	1
1.1 材料的静态力学性能	1
1.2 材料的动态力学性能	9
第2章 材料的晶体结构与结晶	14
2.1 材料的结构	14
2.2 纯金属的结晶	26
2.3 材料的同素异构与同分异构	33
第3章 铁碳合金	36
3.1 二元合金相图	36
3.2 铁碳合金相图	40
3.3 铁碳相图的应用	48
第4章 金属材料的热处理及表面处理	50
4.1 热处理方法的分类	50
4.2 钢在加热和冷却时的组织转变	51
4.3 钢的普通热处理	56
4.4 钢的表面热处理	62
4.5 材料的表面处理	66
第5章 钢和铸铁	70
5.1 钢中常存元素与合金元素	70
5.2 钢的分类与编号	76
5.3 结构钢	78
5.4 工具钢	92
5.5 特殊性能钢	99
5.6 铸铁	101
第6章 有色金属及其合金	110
6.1 铝及铝合金	110
6.2 铜及铜合金	116

目 录

6.3 滑动轴承合金	121
6.4 粉末冶金与硬质合金	123
第7章 非金属材料与复合材料	127
7.1 高分子材料	127
7.2 陶瓷材料	138
7.3 复合材料	140
第8章 铸造	148
8.1 砂型铸造	149
8.2 合金的铸造性能	157
8.3 铸件的结构设计	163
8.4 特种铸造	170
第9章 锻压	176
9.1 概述	176
9.2 金属的塑性变形	177
9.3 锻造工艺过程	184
9.4 自由锻造	188
9.5 模锻	190
9.6 板料冲压	198
9.7 锻压新工艺简介	202
第10章 焊接与粘接	207
10.1 焊接成型工艺基础	207
10.2 常用的焊接方法	213
10.3 常用金属材料的焊接	223
10.4 胶接	228
第11章 典型零件的选材及工艺路线	237
11.1 机械零件的失效形式	237
11.2 选用材料的一般原则	240
11.3 热处理的技术条件和工序位置	243
11.4 典型零件的选材及工艺分析	245
附录	251
参考文献	267



各种工程材料,依据其性能的不同,可以用于制造不同的工程构件、机械零件、工具等。材料的性能直接关系到机械产品的质量、使用寿命和加工成本,是产品选材和拟订加工工艺方案的重要依据。为了能正确、合理地使用和加工材料,应充分了解和掌握材料的性能。

材料应具备的性能包括工艺性能和使用性能两方面。工艺性能是指材料在各种加工过程中表现出来的性能,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。在设计零件和选择加工工艺方法时,都要考虑材料的工艺性能。工艺性能将在以后有关章节中分别进行讨论。使用性能是材料在使用过程中表现出来的性能,主要有物理性能、化学性能和力学性能等。在一般机械设备及工具的设计、制造中大都选用金属材料,并以力学性能作为主要的依据,因此,熟悉和掌握金属材料的力学性能更显重要。

金属力学性能是指金属材料在不同载荷作用下所表现出来的抵抗能力,是评定金属材料质量的主要依据,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。

根据载荷作用性质的不同,分为静载荷和动载荷两类。下面分别讨论金属材料在静载荷和动载荷条件下的力学性能及其指标。

1.1 材料的静态力学性能

静载荷是指对试样缓慢加载。最常用的静载荷试验有拉伸、压缩、硬度、弯曲、扭转等,利用这些不同的试验,可测得材料的各种力学性能指标。本书主要讨论工程领域应用最为广泛的力学性能:强度、塑性和硬度。

1.1.1 强度与塑性

金属材料的强度和塑性是非常重要的两种力学性能。强度是指金属抵抗塑性变形和断裂的能力,强度大小通常用应力来表示。根据载荷作用方式的不同,强度可分为抗拉强

度 σ_b 、抗压强度 σ_{bs} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 τ_b 和抗扭强度 τ_t 等 5 种,一般情况下多以抗拉强度作为判别材料强度高低的指标。塑性是指材料在载荷作用下产生塑性变形而不断裂的能力。抗拉强度和塑性都是用标准试样在万能试验机上进行拉伸试验测定的。

1.1.1.1 拉伸试样

进行拉伸试验时,预先将金属材料按 GB/T 228—87 规定加工成一定形状和尺寸的标准试样,常用的试样断面为圆形,称为圆形拉伸试样,如图 1.1 所示。图中, d_0 称为试样的原始直径, L_0 称为标距长度。所谓标距长度,是指试样计算时的有效长度。拉伸试样有长试样和短试样两种,长试样 $L_0 = 10d_0$,短试样 $L_0 = 5d_0$ 。在试验中常采用的 d_0 为 10 mm。

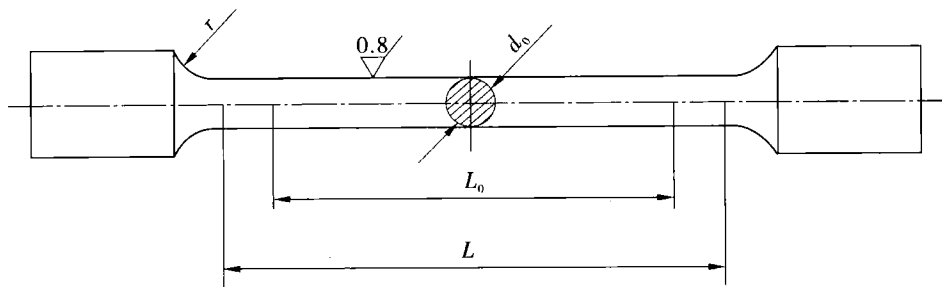


图 1.1 拉伸试样

1.1.1.2 拉伸试验与拉伸曲线

拉伸试验通常是加工好的标准试样装夹在拉伸试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸载荷缓慢进行拉伸,直至把试样拉断为止。试验机自动记录装置可将整个拉伸过程中的拉伸力和伸长量描绘在以拉伸力 F 为纵坐标、伸长量 ΔL 为横坐标的坐标图纸上,即得到力—伸长量曲线,此曲线就叫拉伸曲线。退火低碳钢的拉伸曲线最具代表性,如图 1.2 所示,此曲线明显地表现出下面几个变形阶段。

Oe 段:弹性变形阶段。当拉伸力不超过 F_p 时,拉伸曲线为一直线,即试样的伸长量与拉伸力成正比增加,完全符合胡克定律,试样处于弹性变形阶段。此时如果卸载,试样的变形将完全消失。拉伸力在 F_p 和 F_s 之间时,试样的伸长量与拉伸力已不再成正比关系,拉伸曲线不呈直线,但试样仍处于弹性变形阶段。 F_s 为试样产生弹性变形所承受的最大拉伸力。

es 段:弹塑性变形阶段(屈服阶段)。在此阶段,试样的伸长量不再成比例地增加,卸载后试样不能完全恢复到原来的形状和尺寸,此时试样除弹性变形外,还产生了塑性变形。拉伸力增加至 F_s ,曲线上出现水平或锯齿形线段,表示拉伸力不再增加而试样继续伸长,这种现象称为“屈服”。 F_s 称为“屈服载荷”。

sb 段:均匀塑性变形阶段(强化阶段)。当拉伸力超过 F_s 后,试样开始产生明显而均匀的塑性变形,欲使试样继续变形,必须加大拉伸力。随着塑性变形的增加,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化。 F_b 为试样拉伸试验的最大载荷。

bk 段:断裂阶段(缩颈阶段)。拉伸力达到最大值 F_b 后,试样局部直径开始急剧缩

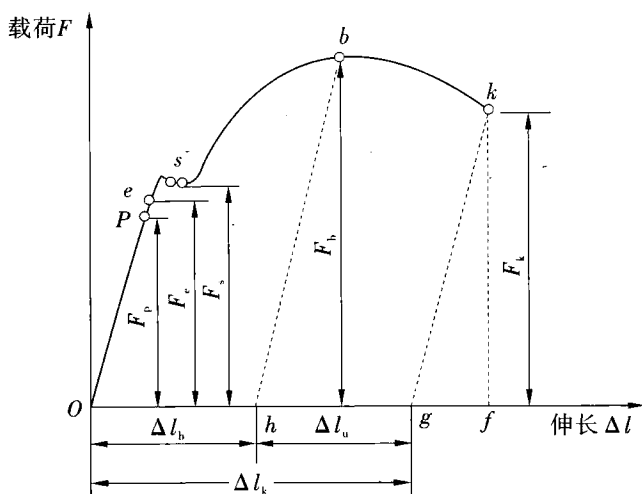


图 1.2 低碳钢的拉伸曲线

小,出现“缩颈”现象,试样变形所需的拉伸力也随之降低, k 点时试样发生断裂。

工程上使用的金属材料,并不是都有 4 个阶段,多数没有明显的屈服现象。有些脆性材料,不仅没有屈服现象,而且也不产生缩颈,如铸铁、高碳钢等。图 1.3(a)为铸铁的拉伸曲线,图 1.3(b)为中碳钢、高碳钢的拉伸曲线。

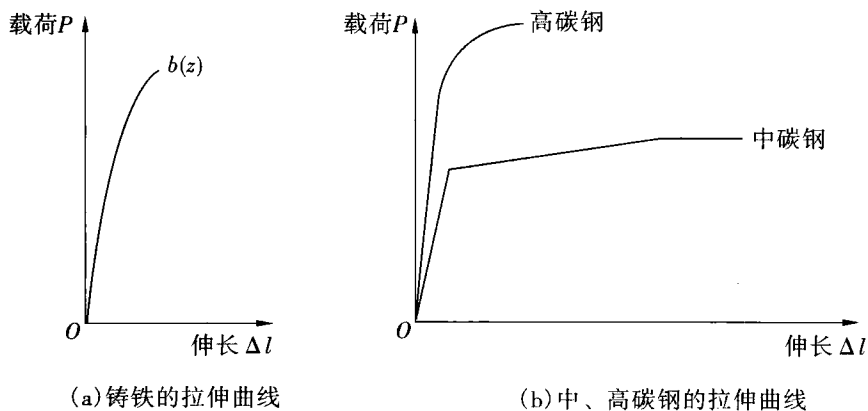


图 1.3 铸铁和碳钢的拉伸曲线

1.1.1.3 强度指标

金属材料受外力作用时,其内部产生与外部相抗衡的内部抗力,这种内部抗力称为内力,单位面积上的内力称为应力,用 σ 表示。金属的强度指标就用应力来度量。常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度 屈服强度是指试样在拉伸试验过程中拉伸力不增加(保持恒定)试样仍然能继续伸长(变形)时的最小应力值。屈服强度也称屈服点,用 σ_s 表示,单位为

MPa。屈服强度 σ_s 的值可用下式计算:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (1.1)$$

式中 F_s ——试样屈服时的拉伸力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

高碳钢、铸铁等在进行拉伸试验时屈服现象不明显,也不会产生缩颈现象,测定很困难,因此规定一个相当于屈服强度的强度指标。国家标准规定此类材料以产生 0.2% 塑性变形量时的应力值为屈服强度,称为“条件屈服强度”,用 $\sigma_{0.2}$ 表示,即

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \quad (1.2)$$

式中 $F_{0.2}$ ——试样标距部分产生 0.2% 残余伸长时的载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

一般机械零件不仅是在破断时失效,而且往往是在发生少量的塑性变形后,零件的精度降低或与其他零件的相对配合受到影响时就已经失效。因此,机械零件在工作中一般是不允许产生塑性变形的,所以屈服强度 σ_s ($\sigma_{0.2}$) 是机械零件设计和选材的重要依据,也是工程技术上极为重要的力学性能指标之一。

(2) 抗拉强度(强度极限) 抗拉强度是指试样断裂前能承受的最大应力值,用符号 σ_b 表示,单位为 MPa。 σ_b 可用下式计算:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (1.3)$$

式中 F_b ——试样承受的最大拉伸力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

抗拉强度 σ_b 表示材料抵抗塑性变形和断裂的最大能力,测试数据较准确,因此,有关手册和资料提供的设计、选材的强度指标往往是抗拉强度 σ_b 。

1.1.1.4 塑性指标

金属的塑性指标用拉伸试样断裂时的最大相对变形量来表示。常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率 断后伸长率是拉伸试样拉断后的标距伸长量与原始标距的百分比,用符号 δ 表示。 δ 值可用下式计算:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (1.4)$$

式中 L_1 ——拉断试样对接后测出的标距长度(mm);

L_0 ——试样原始标距(mm)。

试样分为长试样和短试样。使用长试样测定的断后伸长率用符号 δ_{10} 表示,通常写成 δ ;使用短试样测定的断后伸长率用符号 δ_5 表示。同一种材料的断后伸长率 δ_{10} 和 δ_5 数值是不相同的,一般短试样 δ_5 都大于长试样 δ_{10} 。不同材料进行比较时,必须是相同标准试样测定的数值才有意义。

(2) 断面收缩率 断面收缩率是指试样拉断后横截面积的最大缩减量与原始横截面

积的百分比,用符号 ψ 表示。 ψ 值可用下式计算:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 S_0 ——试样原始横截面积(mm^2);

S_1 ——试样断裂处的最小横截面积(mm^2)。

显然,金属的断后伸长率和断面收缩率的数值越大,表示金属材料的塑性变形能力越大,塑性越好。塑性指标通常不直接用于工程设计计算,但任何零件都要求材料具有一定的塑性。虽然零件在工作中不允许发生塑性变形,但在使用过程中难免过载,塑性好的零件过载时会发生一定量的塑性变形,而不至于像脆性材料那样突然断裂。同时,塑性变形还有缓和应力集中、消减应力峰的作用,在一定程度上保证了零件的工作安全。此外,各种成型加工(如锻压、轧制、冷冲压等)都要求材料具有较好的塑性。铸铁、陶瓷等脆性材料,塑性极低,拉伸时几乎不产生明显的塑性变形,超载时会突然断裂,使用时必须注意。

1.1.2 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,尤其是塑性变形、划痕或压痕的能力,是衡量材料软硬程度的一个重要力学性能指标。硬度能够反映出金属材料在化学成分、金相组织和热处理状态上的差异,在一定程度上反映了材料的综合力学性能,是检验产品质量、研制新材料和确定合理的加工工艺所不可缺少的检测性能之一。硬度通过硬度试验测得。硬度试验是金属力学性能试验中最简便、最迅速的一种方法,可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被测件,因此,硬度试验应用十分广泛。

硬度试验方法很多,有压入法(如布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度等)、刻划法(如莫氏硬度)、回跳法(如肖氏硬度)等。在机械行业中,最常用的是压入法。试验时,用载荷将压头(钢球、金刚石圆锥体等)压入试样表层,根据压入程度来测量其硬度值。对不同材料的试样(当所用压头、载荷相同时),如果压入深度(或压痕面积)越大,则该材料的硬度越低;反之,则硬度越高。因此,压入法测定的硬度表示材料抵抗压头压入引起塑性变形的能力。目前,常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1.1.2.1 布氏硬度

布氏硬度的测定原理如图1.4所示。用规定的载荷 F 将直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球压头压入试样表面,停留一定时间后卸除载荷,则在被测试样表面出现球面压痕,此压痕单位面积上所承受的载荷即为布氏硬度值。用读数显微镜测出试样表面上的压痕平均直径 d (mm),由此计算压痕的球缺面积 S ,然后再按公式求出布氏硬度值。

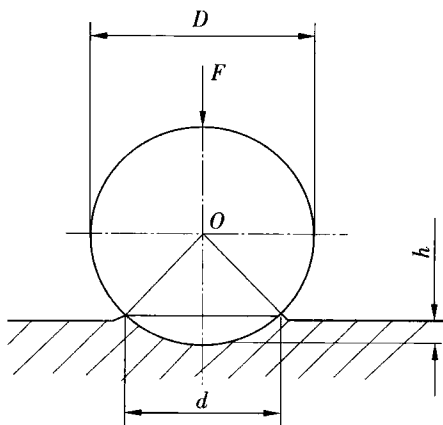


图 1.4 布氏硬度试验原理示意图

布氏硬度值的计算公式如下:

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} (\text{N/mm}^2) \quad (1.6)$$

或

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{F}{S} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} (\text{kgf/mm}^2) \quad (1.7)$$

式中 HBS、HBW——分别用淬火钢球和硬质合金球作压头时的布氏硬度符号;

F ——试验力(N 或 kgf);

S ——球面压痕表面积(mm^2);

D ——压头球体直径(mm);

d ——压痕直径(mm)。

在实际应用中,布氏硬度值无须计算,测出压痕直径 d ,然后根据 d 值查布氏硬度表,即可得相应的硬度值。其中,淬火钢球压头适用于布氏硬度值低于 450 的材料,硬质合金球压头适用于布氏硬度值为 450 ~ 650 的材料。

布氏硬度试验时,应根据被测金属材料的种类和试件厚度,选用不同直径的压头、试验力和试验力保持时间。按 GB/T 231—84 规定,压头直径有 5 种规格(10 mm、5 mm、2.5 mm、2 mm 和 1 mm); F/D^2 的比值有 7 种(30、15、10、5、2.5、1.25 和 1),可根据金属材料的种类和布氏硬度范围选择 F/D^2 值,见表 1.1。在试样厚度允许的情况下,为使试验数据准确,应尽量优先选用 10 mm 的压头。

表 1.1 布氏硬度试验规范

金属种类	布氏硬度值范围 /HBS(HBW)	试样厚度 /mm	$0.102F/D^2$	压头直径 D/mm	试验力/ kN(kgf)	试验力保持 时间/s
黑色金属	≥ 140	6 ~ 3	30	10.0	29.42(3 000)	10
		4 ~ 2		5.0	7.355(750)	
		< 2		2.5	1.839(187.5)	
	< 140	> 6 6 ~ 3	10	10.0 5.0	9.807(1 000) 2.452(250)	10 ~ 15
有色金属	> 130	6 ~ 3	30	10.0	29.42(3 000)	30
		4 ~ 2		5.0	7.355(750)	
		< 2		2.5	1.839(187.5)	
	36 ~ 130	9 ~ 3	10	10.0	9.807(1000)	30
		6 ~ 3		5.0	2.452(250)	
	8 ~ 35	> 6	2.5	10.0	2.452(250)	60

布氏硬度一般不标注单位,其表示方法为:硬度值 + 硬度符号(HBS 或 HBW) + 试验条件。试验条件包括压头球体直径(mm)、试验力(kg)和保持时间(s)(10 ~ 15 s 时不标

注),依次用相应的数字标注在硬度符号后面。例如,120HBS10/1 000/30 表示用直径10 mm的淬火钢球作压头、在1 000 kg(9.8 kN)试验力的作用下、保持30 s时所测得的布氏硬度值为120。

布氏硬度试验的优点是压痕面积较大,能反映出较大范围内材料的平均硬度,测得结果较准确、稳定,适用于测试组织粗大、不均匀的材料,如灰铸铁等的硬度。缺点是测试较麻烦,另外由于压痕较大,不适用于成品件或薄试样的检验。在进行高硬度材料试验时,由于球体本身的变形会使测量结果不准确,因此布氏硬度主要用于测定硬度不是很高的材料。布氏硬度多用于铸铁、有色金属、滑动轴承合金以及退火、正火和调质处理的钢材的硬度测定。

1.1.2.2 洛氏硬度

洛氏硬度是通过测量压痕深度来确定材料的硬度值。

洛氏硬度的测试原理是采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为1.588 mm的淬火钢球作压头,在初试验力和主试验力的先后作用下,将压头压入金属表面,经规定保持时间后卸除主试验力保留初试验力,测量压痕深度,计算洛氏硬度值。

如图1.5所示,图中0-0为圆锥压头的初始位置,加初试验力 F_0 后,则压头位置为1-1,压入深度为 h_1 ,加初试验力的目的是使压头与试样表面紧密接触,避免由于试样表面不平整而影响试验结果的精确性;然后再加主试验力 F_1 ,在总试验力($F_0 + F_1$)的作用下压头处于2-2位置,压入深度为 h_2 ;卸除主试验力 F_1 ,由于被测金属的弹性变形恢复,而使压头回升到3-3位置。这时,压头实际压入的深度为 h_3 。故由主试验力引起的塑性变形而产生的压痕深度增量为 $h = h_3 - h_1$,并以此来衡量被测金属的硬度。显然, h 愈大时,被测金属的硬度愈低;反之,则愈高。为照顾“数值愈大硬度愈高”的习惯,采用一个常数 k 减去 h 来表示硬度大小,并用每0.002 mm的压痕深度为一个硬度单位,由此获得的硬度值称为洛氏硬度值,用符号HR表示,即

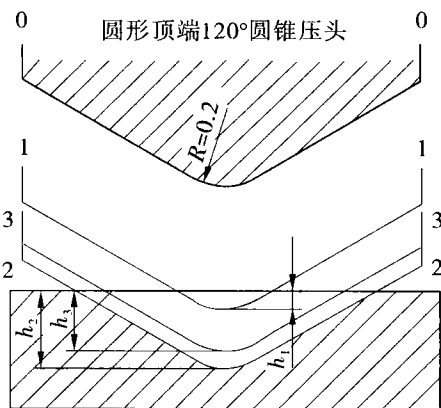


图1.5 洛氏硬度试验原理示意图

$$HR = \frac{k - h}{0.02} \quad (1.8)$$

式中 k 为常数,用金刚石圆锥体作压头时, $k = 0.2$ mm;用钢球作压头时, $k = 0.26$ mm。

为了能用同一硬度计测定从软到硬的材料的硬度,可采用不同的压头和载荷,组成几种不同的洛氏硬度标尺,其中最常用的标尺有A、B、C三种,分别记为HRA、HRB、HRC。表1.2给出了这三种常见标尺的试验规范及应用。

洛氏硬度没有单位,其表示方法为:HR的左边为硬度值,HR的右边为标尺记号。例如:55HRC表示用C标尺测定的洛氏硬度值为55。在实际测试时,洛氏硬度值一般由硬度计的刻度盘直接读出。

表 1.2 洛氏硬度试验规范

标尺	硬度符号	压头类型	初载荷 /N (kgf)	主载荷 /N (kgf)	总载荷 /N (kgf)	测量硬度 范围/HR	应用举例
A	HRA	120°金刚石圆锥	98.07 (10)	490.3 (50)	588.4 (60)	20 ~ 88	硬质合金、淬火工具钢、硬化薄钢板、浅层表面硬化钢
B	HRB	φ1.588 mm 钢球		882.6 (90)	980.7 (100)	20 ~ 100	低碳钢、有色金属、可锻铸铁
C	HRC	120°金刚石圆锥		1 373 (140)	1 471 (150)	20 ~ 70	淬火钢、调质钢、高硬度铸件、深层表面硬化钢

洛氏硬度试验的优点是压痕较小,可用于成品零件及较薄工件的质量检验,测试的硬度范围大,适用于多种材料,并且测试效率较高。缺点是由于压痕小,对于内部组织和硬度不均匀的材料,硬度值不够准确,一般同一试件应测试三个点以上,取平均值。另外不同标尺(由于载荷、压头不同)测得的硬度值彼此没有联系,相互之间不存在换算关系,不可直接进行比较。洛氏硬度的三种标尺中,C 标尺应用最多,大量用于淬火及回火钢件的硬度测试。

1.1.2.3 维氏硬度

布氏硬度不适于检测较高硬度的材料,洛氏硬度虽可检测不同硬度的材料,但不同标尺的硬度值相互间没有简单的换算关系,使用上不方便。为了能在同一种硬度标尺上,测定从极软到极硬的材料的硬度值,特制定了维氏硬度试验法。

维氏硬度的试验原理与布氏硬度相似。如图 1.6 所示,用一个顶角为 136°的金刚石正四棱锥体压头,在规定载荷 F 作用下,压入试件表面,保持一定时间后卸除载荷,然后再测量压痕两对角线的平均长度 d ,进而计算出压痕的表面积 S ,最后求出压痕表面积上的平均压力,以此作为被测试金属的硬度值,称为维氏硬度,用符号 HV 表示。计算公式如下:

$$HV = \frac{F}{S} = 0.1891 \frac{F}{d^2} \quad (1.9)$$

式中 HV——维氏硬度符号;

F ——试验力(N);

d ——压痕两对角线长度算术平均数(mm)。

维氏硬度值在实际工作中不用计算,而是根据压痕对角线长度,从维氏硬度表中直接查出。维氏硬度试验常用的载荷有 6 种:49.05 N(5 kgf)、98.1 N(10 kgf)、196.1 N(20 kgf)、294.2 N(30 kgf)、490.5 N(50 kgf)、981 N(100 kgf)。试验时,载荷 F 根据试样

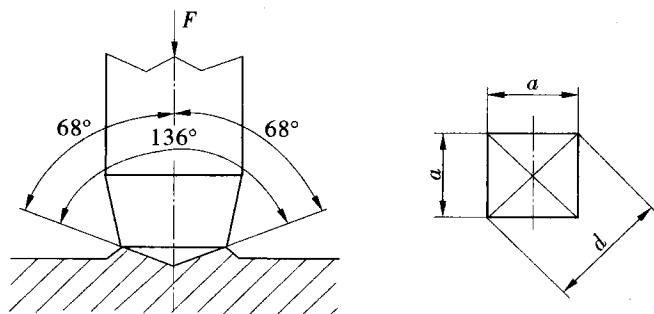


图 1.6 维氏硬度试验原理示意图

的硬度与厚度来选择。一般在试样厚度允许的情况下尽可能选用较大载荷,以获得较大压痕,提高测量精度。

与布氏硬度一样,维氏硬度也不标出单位,其表示方法也与布氏硬度相同。例如 600HV30/20 表示用 30 kg 试验力,保持 20 s (10 ~ 15 s 可省略不标),测定的维氏硬度值为 600。

维氏硬度的优点是试验时所加载荷小,压入深度浅,故适用于测试零件表面淬硬层及化学热处理的表面层(如渗碳层、渗氮层等);同时维氏硬度是一个连续一致的标尺,试验时载荷可任意选择,而不影响其硬度值的大小,因此可测定从很软到很硬的各种材料的硬度,且准确性高。缺点是操作慢,且对试件表面质量要求较高,故不适用于成批生产的常规检验。

1.2 材料的动态力学性能

1.2.1 冲击韧度

机床、发动机在启动、加速、换挡、制动时,齿轮箱中的传动齿轮会受到冲击载荷的作用,火车停车时各车厢挂钩间也受到冲击,发动机活塞、连杆、曲轴以及汽锤锤头、冲床滑块、各种风动工具等也无时不受冲击载荷的作用。对于这些在动载荷条件下工作的零件或工具,若单纯用静载力学性能指标来衡量其性能,显然是不全面的。因为在冲击载荷作用时,外力是瞬间起作用的,材料的应力增加速度快,变形速度也快,这使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,对于承受冲击载荷的零件、结构,除了应保证足够的静载力学性能外,还必须有足够的抵抗冲击动载的能力。

金属材料在冲击载荷作用下抵抗变形、断裂破坏的能力称为冲击韧度,又叫冲击韧性或者韧性。材料的冲击韧性是材料塑性和强度的综合表现,与脆性是两个意义上完全相反的概念。材料韧性的好坏用冲击韧度值来表示,其最普通的测量方法是摆锤式一次冲击试验,又叫夏比冲击试验。

按 GB/T 229—84 和 GB/T 2106—80 的规定须将金属材料制成一定形状和尺寸的试样。夏比 U 型缺口试样(图 1.7)习惯上称为梅氏试样;夏比 V 型缺口试样(图 1.8)称为夏氏试样。冲击试验方法如图 1.9 所示,将试样放在冲击试验机的机座上,放置时试样缺口应背向摆锤的冲击方向。把重量为 G 的摆锤自高度为 H_1 处自由下摆,摆锤冲断试样后又升至高度 H_2 处。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。断口处单位面积上所消耗的冲击吸收功(A_k)即为材料的冲击韧度值,用 a_k 表示,即

$$a_k = \frac{A_k}{S} = \frac{G(H_1 - H_2)}{S} \quad (1.10)$$

式中 a_k ——冲击韧度值(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)。

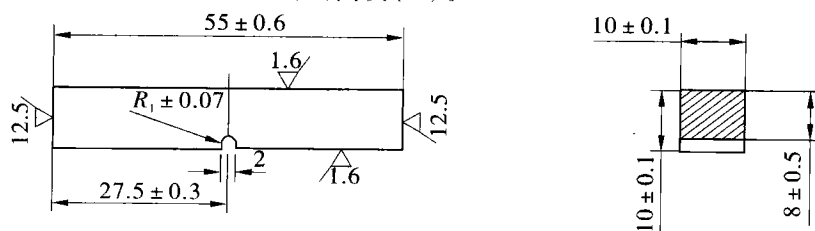


图 1.7 夏比 U 型缺口试样

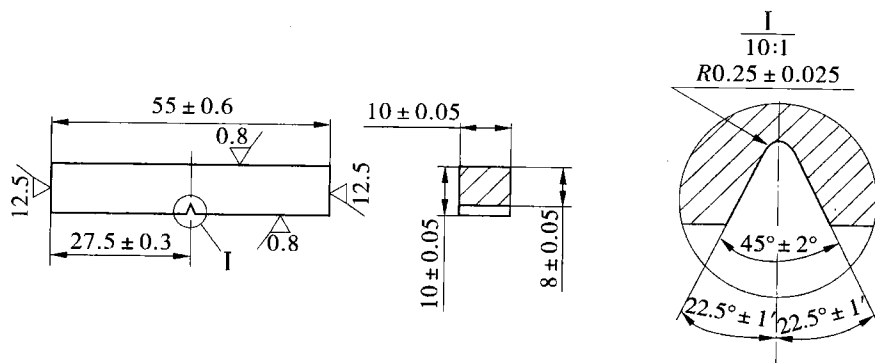


图 1.8 夏比 V 型缺口试样

一般情况下,冲击韧度值越大,材料的韧性越好;反之,韧性越差,则脆性越大。

冲击韧度值的大小与试验的温度有关。有些材料在室温 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右试验时并不显示脆性,而在低温下则可能发生脆断,这一现象称为冷脆现象。为了测定金属材料开始发生