



职业技术教育机类系列教材

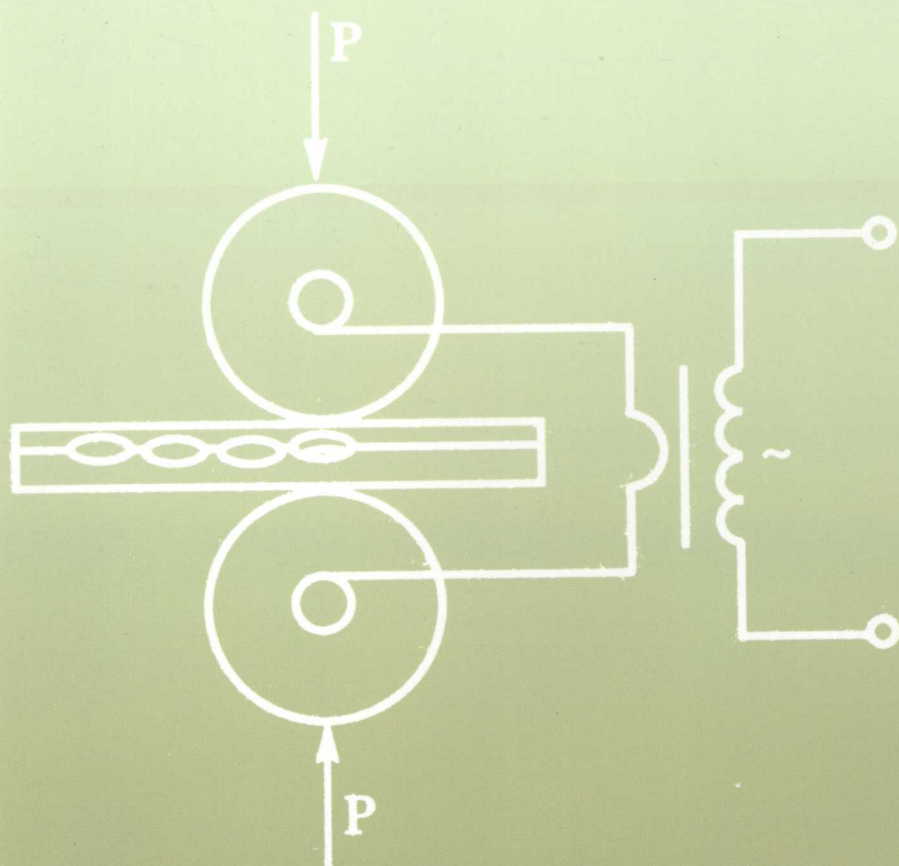
ZHIYE JISHU JIAOYU JILEI XILIE JIAOCAI

安徽省高等教育规划教材

金属工艺基础

JINSHU GONGYI JICHU

主 编 朱 强 安 荣
副主编 陈向荣 燕相松 安宗权
主 审 牛宝林



安徽科学技术出版社

安徽省高等教育规划教材

金属工艺基础

JINSHU GONGYI JICHU

● 主 编 朱 强 安 荣

副主编 陈向荣 燕相松 安宗权

主 审 牛宝林

江苏工业学院图书馆
藏书章

主 编 柴 海 米

号:815 馆藏全图藏外文书知市盟台人特藏图木封条编编变, 注款编出

出版年：2005年

http://www.shsp.net

E-mail: voronobu@stir.ac.uk

又聞昭至武宗聖合：賜 昭 昭

74 487 × 1095 : 本 1819

2008年1月1日

(吳國瑞節音詞) 將本向辭，對國麻漫，難回。 (詞者) 臣等謹將本

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺基础/朱强,安荣主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2008.1

(职业技术教育机类系列教材)

ISBN 978-7-5337-3803-7

I. 金… II. ①朱…②安… III. 金属加工-工艺学-高等学校:技术学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 125910 号

金属工艺基础

朱 强 安 荣 主 编

出 版 人: 朱智润

责任编辑: 何宗华 期源萍

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.net

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

印 刷: 合肥东方红印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14.25

字 数: 340 千

版 次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

内 容 简 介

本书是为适应高等职业技术教育发展需要而编写的机械类、机电类、数控类专业系列教材之一。编写过程中始终以部颁课程标准为指导,针对性强,内容丰富,从金属材料及其性能到热处理、铸造、锻造、冲压、焊接、切削加工等工艺过程都采用了国家最新技术标准,突出实践性、实用性和先进性。

本教材除作为相关专业的通用教材,还可供进修者自学之用,也可作为相关技术人员的参考书。

前 言

本书是根据国家教育部制定的高职高专教育基础课程教学大纲的基本要求,并参考各院校相关专业教学改革的经验编写而成的,并对传统的金属工艺学课程内容进行了适当的调整和增删,力求做到重点突出、少而精、深入浅出、图文并茂、通俗易懂,以便学生自学。全书内容分为工程材料、铸造、压力加工、焊接和金属切削加工 5 篇,总计 22 章。包括:金属材料的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、常用金属材料、合金的铸造性能、砂型铸造、特种铸造、铸造工艺设计、铸件结构工艺设计、金属的塑性变形、锻造、板料冲压、压力加工先进技术概要、电弧焊、焊件质量及其控制、其他焊接方法、常用金属材料的焊接、焊接结构设计、金属切削加工的基本知识、常用加工方法综述、机械加工工艺流程等内容。

本书由芜湖职业技术学院朱强担任主编,安徽机电职业技术学院安荣担任第二主编,安徽职业技术学院陈向荣、滁州职业技术学院燕相松、芜湖职业技术学院安宗权担任副主编。芜湖职业技术学院牛宝林副教授担任主审。其中第一篇由朱强编写;第二篇由陈向荣编写;第三篇由安荣编写;第四篇由燕相松编写;第五篇由安宗权编写。最后由朱强完成全书的统稿工作。

本书是高职高专院校机械类、机电类、数控类等各专业《金属工艺学》课程的通用教材;对有志进修者,可选作自学材料;对有关工程技术人员也有很好的参考价值。

由于编者水平有限,书中不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 工程材料

第一章 金属材料的性能	1
第一节 金属材料的力学性能	1
第二节 金属材料的理化和工艺性能	10
第二章 金属的晶体结构与结晶	13
第一节 金属的晶体结构	13
第二节 金属的结晶过程和同素异晶转变	16
第三节 合金的晶体结构	19
第四节 二元合金相图	21
第三章 铁碳合金	24
第一节 铁碳合金的基本组织与性能	24
第二节 铁碳合金相图	26
第三节 铁碳合金相图的应用	36
第四章 钢的热处理	38
第一节 钢的固态相变	38
第二节 钢的热处理工艺	40
第五章 常用金属材料	44
第一节 钢铁材料	44
第二节 有色金属及其合金	48
习题与思考	50

第二篇 铸 造

第六章 合金的铸造性能	52
第一节 铸造的优缺点	52
第二节 合金的流动性	53
第三节 合金的收缩	56
第四节 铸造应力、变形和裂纹	60
第七章 砂型铸造	64

第一节	造型材料	64
第二节	造型	66
第三节	制芯	75
第八章	特种铸造	78
第一节	金属型铸造	78
第二节	压力铸造	80
第三节	反重力铸造	83
第四节	离心铸造	86
第五节	熔模铸造	89
第九章	铸造工艺设计	92
第一节	铸造工艺设计方案	92
第二节	铸造工艺参数	96
第十章	铸件结构工艺设计	100
第一节	铸件壁的设计	100
第二节	铸件外形及内腔的设计	103
	习题与思考	106

第三篇 压力加工

第十一章	金属的塑性变形	107
第一节	金属塑性变形的概念	107
第二节	塑性变形对金属组织和性能的影响	109
第三节	金属的可锻性	110
第十二章	锻 造	112
第一节	自由锻造	112
第二节	模型锻造	114
第三节	胎模锻造	118
第四节	锻件结构工艺性	118
第十三章	板料冲压	121
第一节	冲压的基本工序	121
第二节	冲压模具	123
第三节	冲压件结构工艺性	124
第十四章	压力加工先进技术概要	126
第一节	超塑性成型技术	126
第二节	液态模锻	126
第三节	精密锻造	127
第四节	计算机在压力加工技术中的应用	127

习题与思考	128
-------------	-----

第四篇 焊 接

第十五章 电弧焊	129
第一节 焊接电弧	129
第二节 手弧焊的焊接过程	130
第三节 电弧焊的冶金特点	132
第四节 电焊条	133
第五节 埋弧自动焊	135
第六节 气体保护焊	137
第十六章 焊件质量及其控制	140
第一节 焊接接头的组织与性能	140
第二节 焊接应力与变形	141
第十七章 其他焊接方法	146
第一节 电渣焊	146
第二节 电阻焊	147
第三节 钎焊	149
第四节 常用焊接方法的比较和选用	151
第五节 焊接新技术概要	152
第十八章 常用金属材料的焊接	158
第一节 金属材料的可焊性	158
第二节 碳钢的焊接	158
第三节 合金结构钢的焊接	159
第四节 铸铁的焊补	161
第五节 有色金属的焊接	162
第十九章 焊接结构设计	164
第一节 焊接结构件材料的选择	164
第二节 焊缝的布置	164
第三节 焊接方法的选择	167
第四节 焊接接头设计	169
习题与思考	172

第五篇 金属切削加工

第二十章 金属切削加工的基本知识	173
-------------------------------	------------

第一节 金属切削加工概述 173

第二节 金属切削刀具 175

第三节 金属切削过程及其物理现象 180

第二十一章 常用加工方法综述 183

第一节 车削加工的特点及应用 183

第二节 铣削的工艺特点及应用 187

第三节 钻削、镗削加工的特点及应用 191

第四节 刨削、插削和拉削的工艺特点及应用 196

第五节 磨削的工艺特点及应用 199

第二十二章 机械加工工艺过程 205

第一节 机械加工工艺的基础知识 205

第二节 零件机械加工工艺的制定 215

习题与思考 217

参考文献 218

第一篇 工程材料

第一章 金属材料的性能

金属材料是制造机器零件最主要的材料。这是因为它既具有满足机器零件使用要求的机械、物理和化学性能,又具有制造时所需的工艺性能。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两方面。使用性能是保证工件正常工作应具备的性能,即在使用条件下所表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能(如密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性、磁性等)、化学性能(如耐腐蚀性、抗氧化性)等多方面的质量要求。工艺性能是材料在被加工过程中适应各种冷热加工的性能,主要包括热处理、铸造、锻压、焊接、切削等多种加工性能。

机械制造工业中所用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属。

设计机器零件时,要根据零件的使用要求,考虑材料的主要性能和经济性,合理地选用材料。

第一节 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指在外力的作用下,材料所显示的抵抗能力。力学性能不仅是产品设计、选材、验收、鉴定的依据,还是对产品加工过程实行质量控制的重要参数。材料的用处不同,对力学性能的要求也不同。金属的力学性能包括强度、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度等。

一、强度

材料在力的作用下抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。载荷是指金属材料在加工及使用过程中所受的外力,也称为负荷。根据载荷作用性质的不同,对金属材料的力学性能要求也不同。载荷按其作用性质不同可分为以下三种:

- (1)静 载 荷 是指大小不变或变化过程缓慢的载荷。
- (2)冲击载荷 在短时间内以较高速度作用于零件上的载荷。
- (3)交变载荷 是指大小、方向或大小和方向随时间作周期性变化的载荷。

(一) 强度的种类

根据载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等五种。一般情况下多以抗拉强度作为判别金属强度高低的指标。

(二) 强度的测定

抗拉强度是通过拉伸试验测定的,通常在拉伸试验机上进行。本书介绍按 GB/T228—1987《金属材料拉伸试验》测定材料在拉力作用下的强度。拉伸试验的方法是采用标准拉伸试样,在拉伸试验机上缓慢施加静拉力,同时连续测量拉力和相应的试样伸长量,直至试样断裂,根据测得的数据,即可得出有关的力学性能。

拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类。常用的圆形拉伸试样如图 1-1 所示。

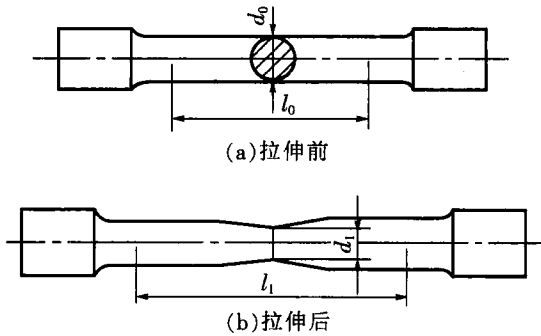


图 1-1 圆形拉伸试样

试样的原始直径 d_0 与原始标距长度 l_0 之间满足一定的关系(长试样 $l_0 = 10d_0$ 和短试样 $l_0 = 5d_0$ 两种)。在拉伸实验中,随着拉伸力 F 的增加,试样不断伸长,截面缩小,拉断后试样标距长度为 l_1 ,断口直径为 d_1 。

拉伸试验机可自动将拉伸力 F 与试样伸长量 Δl 的对应关系绘制成 $F - \Delta l$ 曲线,即拉伸力-伸长量曲线。图 1-2 所示为低碳钢的拉伸力-伸长量曲线,图中纵坐标表示力 F ,单位为 N;横坐标表示伸长量 Δl ,单位为 mm。当拉力逐渐增加时,试样经历了弹性变形、塑性变形和断裂 3 个阶段。

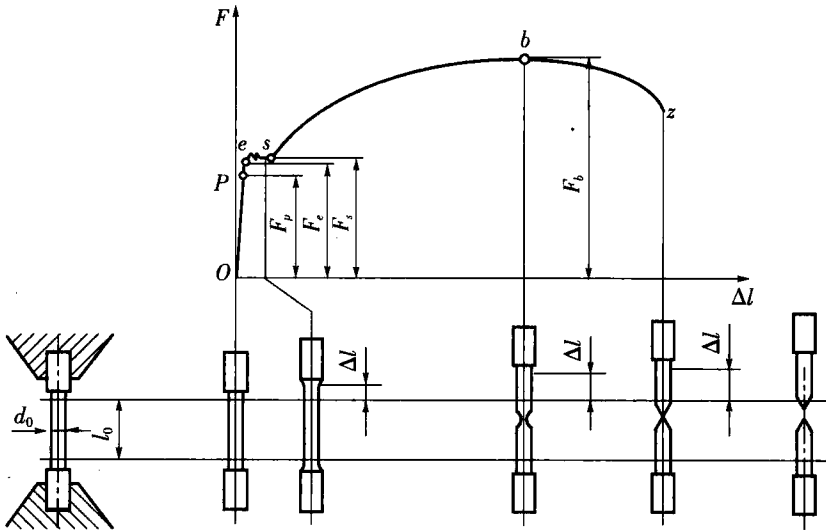


图 1-2 低碳钢的拉伸力-伸长量曲线

图中明显地表现出下面几个变形阶段:

(1) Oe ——弹性变形阶段 当给材料施加载荷后,试样产生伸长变形。此阶段试样的伸长量与拉伸力成正比,如果此时卸去载荷,试样可恢复原状。材料受外力作用时产生变形,外力去除后能恢复到原来形状的性能叫弹性。这种随外力的消失而消失的变形叫弹性变形。在 P 点以下,载荷和变形量成线性关系。当施加力超过比例伸长力 F_p 后,力和变形不成线性关系,直至最大弹性伸长力 F_e 。 F_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉伸力,一般来说 F_p 与 F_e 非常接近。

(2) es ——屈服阶段 当载荷超过 F_e 后再卸载时,试样的伸长只能部分地恢复,而保留了一部分残余变形。外力消失后留下来的不能恢复的变形叫塑性变形。材料在外力作用下产生塑性变形而不致引起破坏的性能叫塑性。载荷增加到 F_s 时,拉伸力-伸长量曲线上出现平台或锯齿状,这种在载荷不增加的情况下,试样还继续伸长的现象叫做材料的屈服。 F_s 称为屈服载荷。屈服后,材料开始出现明显的塑性变形,材料完全丧失了抵抗变形的能力。在试样表面开始出现与轴线成约 45° 的滑移线。

(3) sb ——强化阶段 在屈服阶段以后,欲使试样继续伸长,必须不断加载。随着塑性变形增大,试样变形抗力也在不成比例地逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称加工硬化),此阶段试样的变形是均匀发生的。 F_b 为试样拉伸试验时的最大载荷。

(4) bz ——缩颈阶段(局部塑性变形阶段) 当载荷达到最大值 F_b 后,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”。由于试样缩颈处横截面积的减小,试样变形所需的外力也随之降低,而变形继续增加,这时伸长量主要集中于缩颈部位,由于颈部附近试样面积急剧减小,致使载荷下降,当到达 z 点时试样发生断裂。

工程上使用的金属材料种类繁多,力学性能不同,拉伸曲线各异。塑性材料(如低碳钢等)在断裂前有明显塑性变形,这种断裂称为韧性断裂;而脆性材料(如铸铁等)在断裂前无明显塑性变形,拉伸曲线上无屈服现象,且不产生“缩颈”,这种断裂称脆性断裂。图 1-3 为铸铁的拉伸力-伸长量曲线。

金属材料的强度大小通常用应力来表示。材料受外力作用时,为保持自身形状尺寸不变,在材料内部作用着与外力相对抗的力,称为内力。内力的大小与外力相等,方向则与外力相反,和外力保持平衡。单位面积

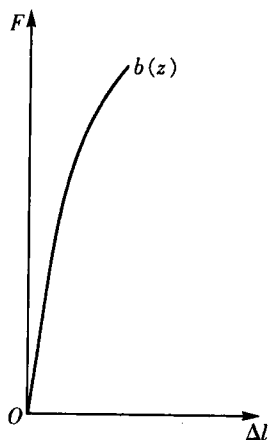


图 1-3 铸铁的拉伸力-伸长量曲线

上的内力称为应力。金属受拉伸载荷或压缩载荷作用时,其横截面积上的应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 σ ——应力, Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, 当面积用 mm^2 时,则应力可用 MPa 为单位,

$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10^6 \text{ Pa}$);

F ——外力, N;

S ——横截面积, m^2 。

拉伸图与试样的尺寸有关。为了进行比较,通常用试样的原始截面积 S_0 去除拉力 F 得到的应力 $\sigma (\sigma = \frac{F}{S_0})$ 和用试样的长度 l_0 除其相应的变形量 Δl 得到的应变 $\epsilon (\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0})$ 来代替 F

和 Δl , 由此绘成的曲线叫应力-应变曲线, 它和拉伸曲线具有相同的形式, 只是坐标不同。它不受试样尺寸的影响, 可以直接看出材料的一些力学性能。

(三) 强度的指标

通过拉伸试验, 测得的主要强度指标有屈服点和抗拉强度。

(1) 屈服点(σ_s)是试样在试验过程中拉伸力不增加(保持恒定)仍能继续伸长时的拉应力, 表示材料开始产生明显塑性变形时的最低应力值。屈服点按如下公式计算:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 σ_s ——屈服点, MPa;

F_s ——试样屈服时的载荷, N。

工业上使用的多数金属材料, 在拉伸试验过程中, 没有明显的屈服现象。对于无明显屈服现象的金属材料, 按国标 GB/T 10623—1989 规定可用规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 表示。 $\sigma_{0.2}$ 表示试样卸除载荷后, 其标距部分的残余伸长率达到 0.2% 时的应力, 也称为屈服强度。计算公式如下:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \text{ MPa}$$

式中 $\sigma_{0.2}$ ——规定残余伸长应力, MPa;

$F_{0.2}$ ——残余伸长率达 0.2% 时的载荷, N。

屈服点 σ_s 和规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 都是衡量金属材料塑性变形抗力的指标。机械零件在工作时如受力过大, 则因过量的塑性变形而失效。当零件工作时所受的应力, 低于材料的屈服点或规定残余伸长应力, 则不会产生过量的塑性变形。材料的屈服点或规定残余伸长应力越高, 允许的工作应力也越高, 则零件的截面尺寸及自身质量就可以减小。因此, 材料的屈服点或规定残余伸长应力是机械零件设计的主要依据, 也是评定金属材料性能的重要指标。

(2) 抗拉强度(σ_b)是材料拉断前所能承受的最大拉应力。计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \text{ MPa}$$

式中 σ_b ——抗拉强度, MPa;

F_b ——试样拉断前承受的最大载荷, N。

由拉伸图可见, 对塑性材料来说, 在 F_b 以前试样均匀变形, 而在 F_b 以后变形将集中在颈部。零件在工作中所承受的应力, 不允许超过抗拉强度, 否则会产生断裂。 σ_b 也是机械零件设计和选材的重要依据。

强度是材料的重要性能指标。一般零件使用时不允许发生塑性变形, 即要求零件所受的应力小于屈服点, 所以选材与设计的主要依据是屈服点 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 。而抗拉强度 σ_b 代表材料抵抗大量均匀塑性变形的能力, 也是材料抵抗拉断的能力, 是评定材料性能的重要参考指标。

二、塑 性

塑性是材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。塑性指标也是由拉伸试验测得的, 常用断后伸长率 δ 和断面收缩率 Ψ 来评定材料塑性的好坏。

(一) 断后伸长率

试样拉断后, 标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率, 用符号 δ 表示。其计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 δ ——断后伸长率, %;

l_1 ——试样拉断后的标距, mm;

l_0 ——试样的原始标距, mm。

必须说明, 同一材料的试样长短不同, 测得的断后伸长率是不同的。长、短试样的断后伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示, 习惯上 δ_{10} 也常写成 δ 。一般短试样的断后伸长率比长试样的断后伸长率大 20% 左右, 对于拉伸试验局部变形特别明显的材料, 甚至可以大到 50%。

(二) 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 Ψ 表示。其计算公式如下:

$$\Psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 Ψ ——断面收缩率, %;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

金属材料的断后伸长率 δ 和断面收缩率 Ψ 数值越大, 表示材料的塑性越好。材料的塑性是决定其能否进行塑性加工的必要条件, 塑性好的金属可以发生大量塑性变形而不破坏, 易于通过塑性变形加工成复杂形状的零件。例如, 工业纯铁的 δ 可达 50%, Ψ 可达 80%, 可以拉制细丝或轧制薄板等。铸铁的 δ 几乎为零, 所以不能进行塑性变形加工。塑性好的材料, 在受力过大时, 首先产生塑性变形而不致发生突然断裂, 增加了安全可靠。

三、硬 度

材料的软硬是一个相对概念。金属材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力叫硬度。硬度是各种零件和工具必须具备的性能指标。机械制造业所用的刀具、量具、模具等都应具备足够的硬度, 才能保证使用性能和寿命。有些机械零件也要求有一定的硬度, 以保证足够的耐磨性和使用寿命。因此硬度是金属材料重要的力学性能之一。

生产中常用压入法测硬度, 即将一定几何形状的压头, 在一定的压力作用下压入材料的表面, 根据压入的程度来测量材料的硬度。压入法测量的硬度常用的有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

(一) 布氏硬度(HBS)

布氏硬度测量原理如图 1-4 所示。使用直径为 D 的球体(淬火钢球或硬质合金球), 以规定的试验力 F 压入试样表面, 经规定保持时间后卸除试验力, 然后用测量表面压痕直径 d 的方法来判定其硬度。

布氏硬度值是用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示, 其符号为 HBS(HBW)。布氏硬度值按下式计算:

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

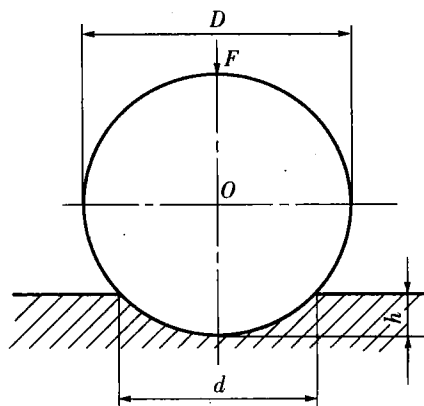


图 1-4 布氏硬度测量原理

式中 HBS——用淬火钢球压头测量的布氏硬度值,用于测量硬度值小于 450 的材料;
 HBW——用硬质合金压头测量的布氏硬度值,用于测量硬度值为 450~650 的材料;
 F ——试验力, N;
 S ——球面压痕表面积, mm^2 ;
 D ——压头直径, mm;
 d ——压痕直径, mm。

从上式中可以看出,当试验力 F 、压头球体直径 D 一定时,布氏硬度值仅与压痕直径 d 的大小有关。 d 越小,布氏硬度值越大,也就是硬度越高。相反, d 越大,布氏硬度值越小,硬度也越低。

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。

测量时,应根据材料的种类和硬度范围选定合适的压头材料、压头直径、压力大小和压力保持时间。测得的硬度值应按标准书写,在符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面按以下顺序用数值表示试验条件:

- (1) 压头直径;
- (2) 压力大小;
- (3) 试验力保持的时间(10~15 s 不标注)。

例如:270 HBS10/1000/30 表示用直径 10 mm 的淬火钢球,在 9.8 kN(1 000 kgf)的试验力作用下,保持 30 s 时测得的布氏硬度值为 270。490HBW5/750 表示用直径 5 mm 的硬质合金球,在 7.35 kN(750 kgf)的试验力作用下,保持 10~15 s 时测得的布氏硬度值为 490。

一般在零件图或工艺文件上可只标出硬度值的大小和符号,而不必规定实验条件,如 200~230 HBS。

布氏硬度的试验测量比较准确,但不能测太薄的试样,试样的厚度至少为压痕深度 h (图 1-4)的 10 倍。由于压痕较大,布氏硬度不宜测量成品件的硬度,而主要用于原材料或半成品的硬度测量。布氏硬度可用于测量退火、正火、调质处理的钢、铸铁、铝合金等金属。

(二) 洛氏硬度(HR)

洛氏硬度是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm($1/16''$)的淬火钢球做压头,在试验压力 F (由初始试验力 F_0 和主试验力 F_1 合成)的作用下,压入金属表面后,经规定保持时间后卸除主试验力,以测量的压痕深度来计算洛氏硬度值。

测量的示意图如图 1-5 所示。测量时,先加初试验力 F_0 ,压入深度为 h_1 ,目的是为消除因被测零件表面不光滑而造成的误差。然后再加主试验力 F_1 ,在总试验力($F_0 + F_1$)的作用下,压头压入深度为 h_2 。卸除主试验力,由于金属弹性变形的恢复,使压头回升到 h_3 的位置,则由主试验力所引起的塑性变形的压痕深度 $e = h_3 - h_1$ 。显然, e 值越大,被测金属的硬度越低。洛氏硬度没有单位,试验时硬度值直接从硬度计的表盘上读出。为了符合数值越大,硬度越高的思维习惯,将一个常数 K 减去 e 来表示硬度的大小,并用 0.002 mm 压痕深度作为一个硬度单位,由此获得洛氏硬度值,用符号 HR 表示。即洛氏硬度值按下列公式计算:

$$\text{HR} = \frac{K - e}{0.002}$$

式中 HR——洛氏硬度值。
 K——常数。用金刚石圆锥体压头进行试验时 K 为 0.2 mm；用钢球压头进行试验时, K 为 0.26 mm。
 e——压痕深度, mm。

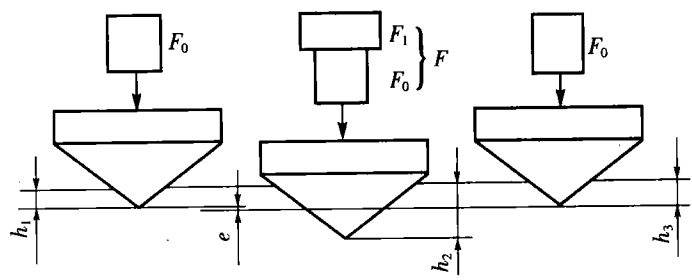


图 1-5 洛氏硬度测量原理

洛氏硬度可以测量从软到硬较大范围的硬度值。根据被测对象不同,洛氏硬度试验可用不同的压头和试验力,有 HRA、HRB、HRC 等多种测量标尺。表 1-1 为常用 3 种测量标尺的实验条件、测量范围及应用,其中 HRC 是最为常用的方法。

表 1-1 常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 F/N(kgf)	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4(60)	60~85 HRA	硬质合金、表面淬火钢等
HRB	φ 1.5875 mm 钢球	980.7(100)	25~100HRB	软钢、退火钢、铜合金等
HRC	120°金刚石圆锥体	1471.0(150)	20~67HRC	一般淬火钢、调质钢等

洛氏硬度表示方法如下:符号 HR 前面的数字表示硬度值,HR 后面的字母表示不同洛氏硬度的标尺。例如 45 HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 45。

洛氏硬度测量迅速、简便,压痕小,硬度测量范围大,可用于成品或较薄工件的测量,但数据准确性不如布氏硬度,一般不宜测量组织不均匀的材料。

(三) 维氏硬度 (HV)

维氏硬度是用相对面夹角为 136°金刚石正四棱锥压头,以规定的试验力 F 压入材料的表面,保持规定时间后卸除试验力,然后根据压痕两对角线长度的算术平均值来计算硬度,其测量原理与布氏硬度相似。

如图 1-6 所示。维氏硬度和压痕表面积除试验力的商成比例,维氏硬度用符号 HV 表示。其计算公式如下:

$$HV=0.1891 \frac{F}{d^2}$$

式中 HV——维氏硬度;
 F——试验力, N;
 d——压痕两对角线长度算术平均值, mm。

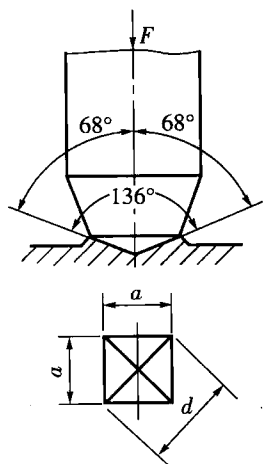


图 1-6 维氏硬度测量原理

维氏硬度试验所用的试验力可根据试样的大小、厚薄、硬度高低等条件进行选择,试验力 F 的取值范围为 49.03 ~

980.7 N,试验力选用原则是根据材料硬度及硬化层或试样厚度来定。维氏硬度可以测量从软到硬的各种金属材料,而且测量的硬度值具有连续性(10~1000 HV)。维氏硬度测量压痕小,可测量较薄的材料和表面渗碳、渗氮层的硬度,且准确性高。

维氏硬度值表示方法与布氏硬度相同,例如 400HV30 表示用 294.2 N(30 kgf)试验力,保持 10~15 s(可省略不标),测定的维氏硬度值为 400。

由于各种硬度测量法试验条件不同,相互间没有理论换算关系,故试验结果不能直接进行比较,可查阅硬度换算表进行比较,也可粗略地根据以下经验公式换算:

硬度在 200~600 HB 时,1 HRC 相当于 10 HBS;

硬度小于 450 HB 时,1 HB 相当于 1 HV。

表 1-2 为几种常用材料的硬度值。

表 1-2 几种常用材料的硬度值

材料	中碳结构钢	碳素工具钢	灰铸铁	硬铝合金	黄铜
状态	热轧	淬火	铸态	硬化	硬化态
硬度	170~255 HBS	> 62 HRC	100~250 HBS	70~100 HBS	140~160 HBS

四、韧性

韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力。金属材料抵抗冲击载荷的能力叫冲击韧性。许多机械零件和工具如连杆、曲轴、活塞销、冲模和锻模等,在工作时要受到冲击载荷的作用,瞬时外力冲击作用所引起的应力和应变要比静载荷引起的大得多。对这些零件,如仍用静载荷作用下的强度指标作为设计和选材的依据,就不能保证零件工作时安全可靠,对此,必须考虑冲击韧性。

冲击韧性通常用摆锤冲击弯曲试验来测定。它是以材料受一次冲击破坏时单位面积上所吸收的冲击功表示的,试验原理如图 1-7 所示。按 GB/T 229—1994《金属夏比缺口冲击试验》规定,冲击试样的横截面尺寸为 10 mm×10 mm、长度为 55 mm,试样的中部开有 V 形或 U 形缺口。

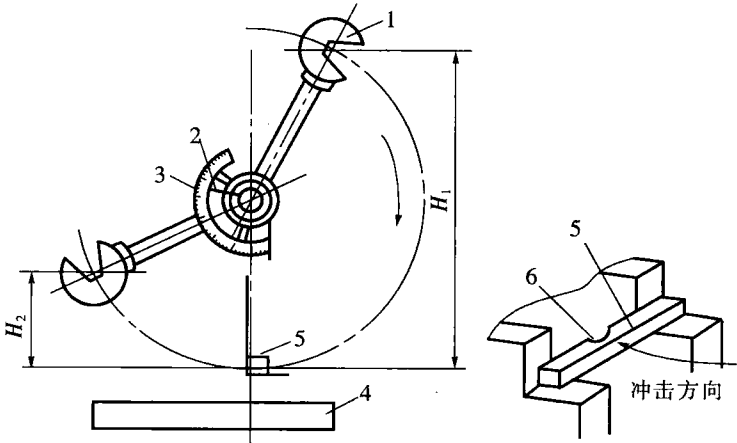


图 1-7 摆锤冲击试验示意图

1—摆锤 2—指针 3—刻度盘 4—支座 5—试样 6—缺口