



交通高职高专院校统编教材

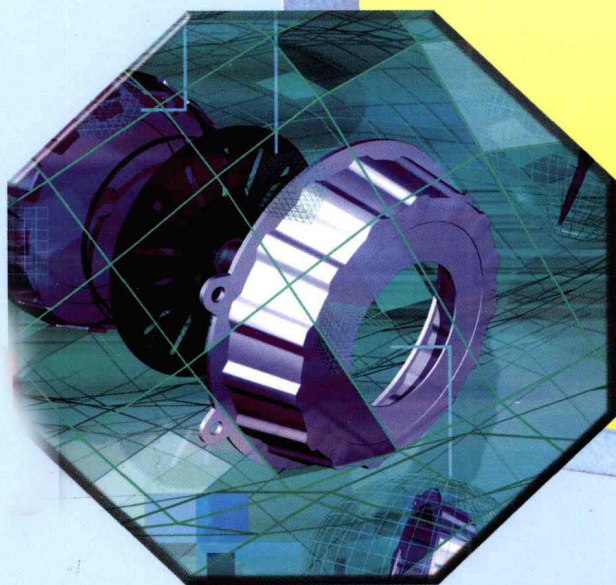
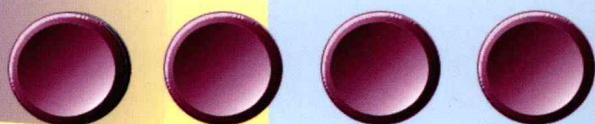
JIAOTONG GAOZHI GAOZHUAN YUANXIAO TONGBIAN JIAOCAI

机械基础 第二分册 金属材料与工艺

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

王利贤 主 编

刘 锐 主 审



人民交通出版社

交通高职高专院校统编教材

Jixie Jichu

机械基础

第二分册 金属材料与工艺

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

王利贤 主编
刘 锐 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书的主要内容有:绪论、金属材料的力学性能、金属材料基础知识、常用金属材料和非金属材料、公差与技术测量、热加工及压力加工、金属切削加工、零件选材与加工工艺分析等基础知识,并在各章之后附有复习思考题。它是交通高职高专院校的统编教材,可供汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业的师生教学使用,也可供汽车维修工和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础. 第2分册, 金属材料与工艺/王利贤主编.
北京: 人民交通出版社, 2003. 8
ISBN 7-114-04736-3

I. 机… II. 王… III. ①汽车-机械学②汽车-金属材料③汽车-金属材料-加工工艺 IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 053824 号

交通高职高专院校统编教材

机 械 基 础

第二分册 金属材料与工艺

(汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程专业用)

王利贤 主编

刘 锐 主审

正文设计: 王静红 责任校对: 李 东 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 318 千

2003 年 8 月 第 1 版

2003 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001~5000 册 三册定价: 70.00 元

ISBN 7-114-04736-3

本书编委会

主任：苗庆贵

副主任：张美田

委员：(以姓氏笔画为序)

王利贤	王怡民	叶 钢	卢晓春	刘 锐
李富仓	李 军	苗庆贵	陈文华	陈瑞晶
汤定国	高进军	姜 勇	郭远辉	唐 好
张尔利	张美田	张琴友	屠卫星	谭文莹
廖 琨	颜培钦			

前 言

《机械基础》是汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程等相关专业的技术基础课教材之一。本教材坚持了理论知识够用为度的原则,贯彻了基础为专业服务的指导思想,基本做到了理论与实践、基础与专业的紧密结合,构筑了汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车运用工程等相关专业具有高职高专特色的第一套统编教材。

《机械基础》这套教材共分三个分册,第一分册为工程力学部分、第二分册为材料与工艺部分、第三分册为机械原理与机械零件部分。

本书是第二分册,它简明扼要地介绍了金属材料和非金属材料的种类、生产过程、性能和应用方面的基础知识。本书主要内容包括三个部分;第一部分为材料的基本知识;第二部分为公差配合和技术测量的基本知识。第三部分为由材料加工为机器零件的工艺方法。

本书由陕西交通职业技术学院王利贤主编,其中第一、二、三、四章和前言、绪论由王利贤编写,第五、六章由陕西交通职业技术学院刘建伟编写,第七章由陕西交通职业技术学院王亚平编写,全书由吉林交通职业技术学院刘锐主审,吉林交通职业技术学院张美田担任责任编委。

本书在编写过程中得到了吉林交通职业技术学院、浙江交通职业技术学院、福建交通职业技术学院、广东交通职业技术学院、上海交通职业技术学院、南京交通职业技术学院、云南交通职业技术学院的大力支持,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请同行及读者批评指正。同时,本书在编写过程中参考了大量的文献资料,在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。

编 者

2003年7月6日

目 录

绪论	1
第一章 金属材料的力学性能	3
第一节 强度和塑性	3
第二节 硬度	5
第三节 冲击韧性及疲劳强度	9
复习思考题	11
第二章 金属材料基础知识	12
第一节 金属与合金的晶体结构及结晶	12
第二节 铁碳合金	21
第三节 钢的热处理	29
复习思考题	48
第三章 常用金属材料和非金属材料	52
第一节 碳素钢	52
第二节 合金钢	58
第三节 铸铁	72
第四节 有色金属及合金	82
第五节 非金属材料	95
复习思考题	102
第四章 公差与技术测量	106
第一节 光滑圆柱体结合的公差与配合	106
第二节 形状和位置公差	121
第三节 表面粗糙度	133
复习思考题	148
第五章 热加工及压力加工	150
第一节 铸造生产基础	150
第二节 金属压力加工	156
第三节 焊接生产基础	162
复习思考题	167
第六章 金属切削加工	169
第一节 金属切削加工基础知识	169
第二节 金属切削方法的工艺特点	174
复习思考题	181
第七章 零件选材与加工工艺分析	183
第一节 零件选材的一般原则及选材方法	183

第二节 零件毛坯种类及其选择	189
第三节 零件热处理技术条件及工序位置	192
第四节 典型零件选材及热处理	194
复习思考题	197
参考文献	199

绪 论

材料是人类赖以生存和进行生产的物质基础;是人类物质文明的根基。其品种、数量和质量是衡量一个国家现代化的一个重要标志。如今材料、能源和信息已成为当今社会的三大支柱产业,而材料又是能源、信息发展的基础。

材料伴随着科学技术的进步而发展,但科学技术的继续发展又依赖于材料的发展。纵观人类科学技术的发展史,每一次重大的技术革命都离不开材料的进步。每一项重大发明创造是否能应用于生产中,每一项科学理论能否应用于实践中,其材料往往是关键。正是由于石器、青铜、钢铁到现代材料的兴起,人类社会才由原始狩猎到现今的大工业社会。

无论过去、现在还是将来材料都在人们日常生活和生产活动中起着重要作用,尤其是现代,材料的重要作用更加明显。例如,耐腐蚀、耐高压的材料在石油化工领域中的应用;高强度、轻质量材料在交通运输领域中应用;高温合金、陶瓷材料在高温装置中的应用;强度高、质量轻、耐高温、抗热振性好的材料在航空、航天领域中的应用等。因此,世界各国对材料的研究和发展都非常重视。

汽车工程材料是指汽车工程中常用的材料,是材料科学的一个分支。目前,汽车正朝着高速、经济、舒适、安全、环保的方向发展,特别近年来人们对环保的高度重视,对汽车工程材料提出了更高的要求。因而,在汽车产品设计及其制造与维修过程中,材料的选用问题将日趋增多,使汽车工业的发展与材料学科之间的关系更加紧密。

汽车工业已是世界各国的支柱产业之一,我国也不例外。在汽车制造工业中应用最广泛的是金属材料(占总质量的 70% ~ 90%)。我国汽车工业每年所用的钢铁材料约占钢铁年产量的 10%。金属材料之所以能获得广泛的应用是因为金属材料不仅来源丰富,而且有着优良的使用性和工艺性。金属材料还可通过不同成分配制、不同的加工和热处理方法来改变其组织和性能,以扩大其使用范围。随着科学技术的不断进步,高性能金属材料、非金属材料在汽车上的应用范围逐渐扩大。

我国对材料的发展作出了杰出的贡献,在二三百万年前,最先使用的材料是天然石头。到了原始社会末期,开始人工制作陶器,由此发展到东汉出现了瓷器,并先后传至世界各地,对世界文明产生了很大的影响。早在 4000 年前,我们的祖先已开始使用天然存在的红铜。至公元前 1000 多年的殷商时代,我国的青铜冶金技术已达到十分高的水平,从出土的大量青铜器、生活用具、武器、工具,特别是重达 875kg 的司母戊大鼎,其体积庞大、花纹精巧、造型精美都堪称世界一绝,说明当时已具备了很高的冶金技术和艺术造诣。到春秋的时期,我国已能对青铜冶铸技术做出规律性的总结,如《周礼·考工》对青铜的成分和用途关系有如下的记载:“金有六齐,六分其金而锡具一,谓之钟鼎之齐;五分其金而锡具一,谓之斧斤之齐;四分其金而锡具一,谓之戈戟之齐;三分其金而锡具一,谓之大刃之齐;五分其金而锡具二,谓之削杀矢之齐;

金、锡半,谓之鉴燧之齐。”这“六齐”规律是世界上最早的金属材料的成分、性能和用途之间关系的总结。早在我国的周朝就开始了炼铁,比欧洲使用生铁的时间约早 2000 年。而且当时技术也十分发达,如河北武安出土的铁锹,该材料就是现代的可锻铸铁;湖南衡阳出土的东汉时的人字型齿轮;1668 年我国曾用过直径近两丈的镶片铣刀来铣削天文仪上的铜环等。春秋战国制造的著名宝剑“干将”、“莫邪”,证明我国至少在春秋战国就掌握钢材的冶炼、锻造和热处理技术。

新中国成立以来,材料科学得到了迅猛发展。我国各种金属材料产品种类齐全,已基本能满足我国国民经济的发展需要。钢产量已由 1949 年的 15 万多吨提高到现在的 1 亿多吨,名列世界第一。非金属材料的种类和产量以更高于金属材料的速度增长着。塑料、橡胶、水泥、玻璃、复合材料等的产量都位居世界前列,其质量也在不断提高。

同时,随着科学技术的发展,在机械零件加工工艺方面也出现了日新月异的发展。如激光技术与计算机技术在机械零件加工过程中的应用,使得机械零件加工设备不断创新,零件的加工质量和效率不断提高。如计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和生产管理信息系统(MIS)的综合应用,突破了传统的机械零件加工方法,产生了巨大的变革。

金属材料与非金属材料加工工艺技术水平的高低,在某种程度上代表着一个国家机械制造的水平,与国民经济的发展有着密切的关系。只有材料生产和机械制造工艺水平不断提高,并保持先进水平,才会有力的促进现代工业、农业、航天事业的飞速发展和科学技术的不断进步,加快国民经济的发展步伐;才会很好的保护好环境,达到清洁生产;才会在知识经济和世界经济一体化进程中保持发展优势。但是,目前我国机械制造的整体工艺水平还比较落后,尤其是在广泛应用机械制造自动化方面,与工业先进国家相比还有明显的差距,这就需要我们工程技术人员深入地研究有关金属材料与非金属材料及其加工工艺理论,不断的学习新技术、新工艺、新设备、新材料,为提高我国机械制造工艺水平而努力。

《机械基础》具有内容广、实践性和综合性突出的特点。因而学习本课程应十分注意理论和实践的结合,尽可能把理论教学和实验、实习结合起来或利用电化教学手段,增强感性认识,从而扎实地掌握有关知识。

《机械基础》是汽车专业的一门重要的技术基础课,通过本课程的学习必须达到以下要求

1. 掌握常用材料的牌号、种类、性能及用途,了解常用材料的成分、组织、性能之间的关系。
2. 了解常用热处理基本原理、特点及应用,初步具有合理选用材料的能力。
3. 了解公差与配合国家标准,掌握常用形位误差的检测方法。
4. 了解零件的各种接工工艺的基本原理和特点。
5. 了解各种加工方法所用设备(工具)的工作原理和应用范围,掌握一些主要设备和工具的基本操作方法。
6. 了解与本课程有关的新技术、新工艺、新设备、新材料的发展概况。

第一章 金属材料的力学性能

机器上由金属材料制成的零部件,工作过程中在外力(又称载荷)作用下,都会发生形状、尺寸改变,这种改变称为变形。由于所加载荷性质不同,引起材料变形方式也不同。常见的变形方式有:拉伸、压缩、弯曲、扭转、剪切等。金属材料在各种不同形式载荷作用下所表现的特性称为力学性能(又称机械性能)。力学性能指标有强度、硬度、塑性、冲击韧性等。常用的试验方法有拉伸试验、硬度试验、冲击试验等。

第一节 强度和塑性

大小、方向不变或变动很缓慢的载荷,称为静载荷。金属材料的强度、塑性是在静载荷作用下测定的。

一、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。按载荷的形式不同,金属材料强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪强度等。各种强度之间有一定的联系,一般情况下以抗拉强度作为金属材料的强度指标。

抗拉强度是通过拉伸试验测定。其方法是用静拉伸载荷对标准试样进行轴向拉伸,同时测量相应伸长量,直至断裂。依据所测的数据即可求出有关的力学性能。

(一) 拉伸试样

测试时,为了排除试样尺寸、形状对材料力学性能的影响,并且便于分析比较,必须将拉伸试样制成标准形状,图 1-1 所示为常用的圆形拉伸试样。

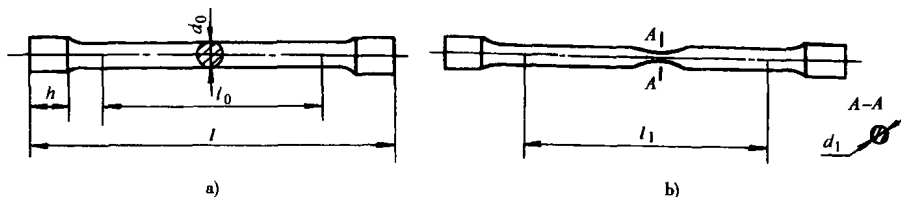


图 1-1 圆形拉伸试样

a) 拉伸前; b) 拉伸后

根据试样的标距长度 L_0 与直径 d_0 之间的关系,将试样分为长试样($L_0 = 10d_0$)和短试样($L_0 = 5d_0$)两种。

(二) 力 - 伸长曲线

拉伸实验中,记录拉伸载荷与试样绝对伸长量的关系曲线叫力 - 伸长曲线,简称拉伸图。图中以纵坐标表示拉伸载荷 F ,单位 N,以横坐标表示绝对伸长 ΔL ,单位为 mm,图 1-2 为低碳

钢的拉伸图。

从图 1-2 中可以看出,低碳钢在拉伸过程中,其拉伸载荷和伸长变形有以下几个阶段:

(1)当拉伸力不超过 F_e 时,拉伸曲线 Oe 为直线,即 F_e 与 F 成正比例关系,当载荷卸除以后。试样仍能恢复到原来尺寸 L_0 ,即 $\Delta L = 0$ 。这一阶段称为弹性变形阶段,其变形称为弹性变形。

(2)当拉伸力超过 F_e 后,试样将进一步伸长。此时若将拉伸载荷去除,则有一部分变形消失,属于弹性变形,另一部分变形却不能消失,即试样不能恢复到原来的尺寸 L_0 ,不能恢复的变形称为塑性变形。

(3)当拉伸载荷达到 F_s 时,拉伸曲线呈水平或锯齿形线段。即拉伸载荷基本不变,试样却继续变形,这种变形称为屈服。所对应的拉伸载荷 F_s 称屈服载荷。

(4)当拉伸载荷超过 F_s 以后,试样伸长量随拉伸载荷增加而增大,但曲线斜率小,这表明拉伸载荷超过 F_s 后,试样已开始产生大量塑性变形,当拉伸载荷到达最大值 F_b 时,试样截面缩小,产生缩颈现象,以后试样的伸长量增加,拉伸载荷反而降低。到达曲线 K 点时,试样随之断裂。 F_k 为试验断裂时的载荷。

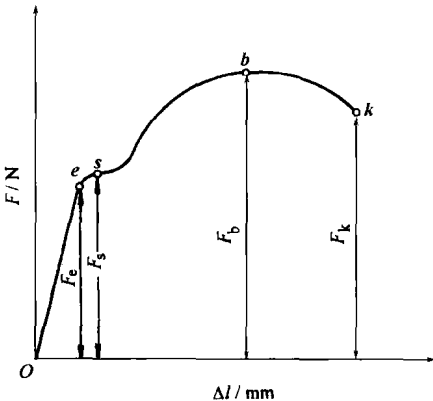


图 1-2 低碳钢的力 - 伸长曲线

(三)强度指标

强度指标用应力值来表示,应力用符号 σ 表示。

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

式中: F ——拉伸载荷(N);

S_0 ——试样原始截面面积(mm^2)。

从拉伸曲线分析得出,有 3 个拉伸载荷比较重要。即弹性范围内的最大拉伸载荷 F_e ;最小屈服拉伸载荷 F_s ;最大拉伸载荷 F_b 。相应可得出金属材料的 3 个强度指标:

1. 弹性极限

金属材料保持弹性变形的最大应力,用 σ_e 表示。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

式中: F_e ——弹性范围内的最大载荷(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

2. 屈服强度(又称屈服极限)

金属材料产生屈服现象时的最小应力,用 σ_s 表示。

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

式中: F_s ——材料产生屈服的最小载荷(N)。

对低塑性材料,由于屈服现象不明显,所以此类材料的屈服强度常以产生一定微量塑性变形(塑性变形为试样标定长度的 0.2%)的应力为屈服应力。用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

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

式中: $F_{0.2}$ ——塑性变形量为试样原始长度 0.2% 时载荷(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

3. 抗拉强度(又称抗拉极限)。

材料断裂前能够承受的最大应力,用 σ_b 表示。

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

式中: F_b ——试样所能承受的最大载荷(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

工程上所用的金属材料,不仅希望具有较高的 σ_s 、 σ_b 值,而且希望具有一定的屈强比(σ_s/σ_b)。 σ_s/σ_b 越小,零件的安全可靠性越高。 σ_s/σ_b 越大,材料强度的有效利用率越高。

二、塑性

金属材料在载荷作用下发生塑性变形而不发生断裂破坏的能力称为塑性。在拉伸时用伸长率和断面收缩率来衡量。

(一) 伸长率(又称延伸率)

伸长率指试样拉伸时绝对伸长量与原始长度比值的百分数,用 δ 表示。

$$\delta = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中: L_0 ——试样的原始标距(mm);

L_1 ——试样断裂后的标距(mm)。

(二) 断面收缩率

试样拉断后,试样断口处横截面面积的收缩量与原始横截面面积比值的百分数,用 Ψ 表示。

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

式中: S_0 ——试样的原始横截面积(mm^2);

S_1 ——试样断口处横截面积(mm^2)。

伸长率大小与试样尺寸有关,试样的长径比不同,测得的伸长率不同。长短试样伸长率分别记为 δ_{10} 和 δ_5 ,习惯上将 δ_{10} 记为 δ 。长短试样的伸长率不能直接进行比较。

塑性是材料的一个重要指标,其数值越大,材料塑性越好。金属材料塑性的好坏,对于零件的使用性能和加工性能有着十分重要的意义。例如,低碳钢塑性好,可以进行压力加工;铸铁塑性差,不便采用压力加工,只能铸造。同时,由于材料具有一定的塑性,在使用中能够保证材料不会因为稍有超载而突然断裂,增加了材料使用的安全性。

第二节 硬 度

硬度是指材料表面上局部体积内抵抗变形或破坏能力,是材料的重要性能之一。测量硬度的方法很多,主要有压痕法和划痕法。压痕法是用一定的静压力(静载荷)将特制压头压入金属表面,然后通过测定压痕面积或深度来确定硬度值。按测量方法不同将硬度分为布氏硬度,洛氏硬度和维氏硬度。

一、布氏硬度

布氏硬度的测量原理(图 1-3)是用一定大小的静压力 F 将直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属材料表面,保持一段时间以后去除载荷。压痕面积 S 除以载荷 F 所得的商即为布氏硬度值。

布氏硬度值 = $0.012 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

式中: F ——荷载 (N);
 D ——压球直径(mm);
 d ——压痕平均直径(mm)。

实际测量时,测出压痕直径 d ,根据实验条件查表。即可得出布氏硬度值

布氏硬度符号是:压头为淬火钢球,用 HBS 表示,适用于布氏硬度值在 450 以下的材料。压头为硬质合金球,用 HBW 表示,适用于布氏硬度值在 450 ~ 650 的材料。在符号 HBS 或 HBW 前用数字表示硬度值,在符号后按压头直径、载荷大小、保持时间(10 ~ 15s 不标注)的顺序用数字表示测试条件。例如:

150HBS10/10000/30 表示用直径为 10mm 的淬火钢球在 10000N 载荷作用下保持 30s,所测得布氏硬度值为 150。

500HBW5/7500 表示用直径为 5mm 的硬质合金球在 7500N 的载荷作用下保持 10 ~ 15s 所测得布氏硬度值为 500。

由于被测对象材料的硬度、壁厚不同,测试条件应有区别,否则会出现对硬材料适用,对软材料发生压球陷入金属材料的现象。若对厚壁工件适用,而薄壁工件会出现被压穿现象。布氏硬度的试验规范,见表 1-1。

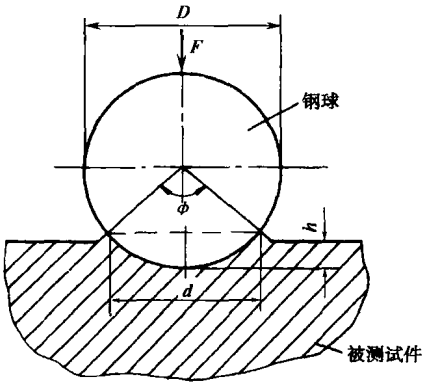


图 1-3 布氏硬度测量原理

布氏硬度试验规范

表 1-1

金属种类	布氏硬度值范围 (HBS)	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	30000	10
		6 ~ 3		5.0	7500	
		< 3		2.5	1875	
	< 140	> 6	$F = 10D^2$	10.0	10000	10
		6 ~ 3		5.0	2500	
		< 3		2.5	625	
有色金属	> 130	> 6	$F = 30D^2$	10.0	30000	30
		6 ~ 3		5.0	7500	
		< 3		2.5	1875	
	36 ~ 130	> 6	$F = 10D^2$	10.0	10000	30
		6 ~ 3		5.0	2500	
		< 3		2.5	625	
	8 ~ 35	> 6	$F = 2.5D^2$	10.0	2500	60
		6 ~ 3		5.0	625	
		< 3		2.5	156.5	

试验后,压痕直径应在 $d = 0.25 \sim 0.65D$ 范围内,否则试验结果无效,应考虑换用其他测试条件。

当条件允许时,应尽可能选用直径为 10mm 的球体作为压头,选用的 F/D^2 比值不同时,布氏硬度不能直接比较。

布氏硬度试验优点是,数据准确、稳定,数据重复性强。缺点是压痕较大、易损伤零件表面,不能测量太薄、太硬的试样硬度。常用来测定退火钢、正火钢、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。

二、洛氏硬度

洛氏硬度试验是用顶角为 120° 金刚石圆锥或直径为 1.588mm 的淬火钢球作为压头,在初试验力 F_0 和总试验力 $F(F = F_0 + F_1)$ 分别作用下压入材料表面。除去主试验力 F_1 后,在初试验力 F_0 作用下测定残余压痕深度 h ,用压痕深度来表示材料洛氏硬度值,并规定 每压入 0.002mm 为一个硬度单位。测试原理见图 1-4。

图 1-4 中 0-0 为压头未加试验力时的位置,1-1 是压头在初试验力 $F_0(100N)$ 作用下压入试样位置,压入深度为 h_1 。2-2 是在总试验力 F 作用下压头压入试样位置,深度为 h_2 。3-3 是在卸去主试验力 F_1 后,压头压入材料的位置,深度为 h_3 。洛氏硬度计算公式为:

$$\text{洛氏硬度} = C - h/0.002 = C - (h_3 - h_1)/0.002$$

式中: C ——常数,压头为淬火钢球时 $C = 130$;压头为金钢石圆锥时 $C = 100$ 。

材料越硬, h 值越小,所测得洛氏硬度值越大。

金钢石圆锥压头适用于测定硬的材料,如淬火钢、渗碳钢、钛合金等。淬火钢球适用测定较软材料,如退火、正火钢件、有色金属等。

根据被测材料硬度的不同,规定有不同的加载值。组成相应不同洛氏硬度标尺。其试验规范见表 1-2。

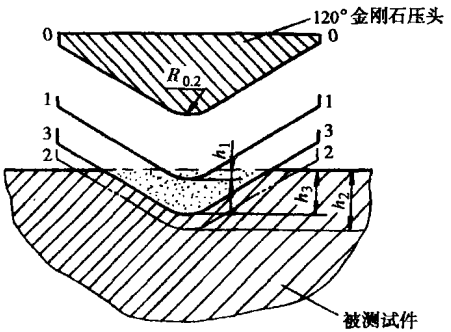


图 1-4 洛氏硬度测试原理

洛氏硬度试验规范

表 1-2

标尺符号	所用压头	总载荷 (N)	测量范围 (HR ^①)	应用举例
HRA	金钢石圆锥	588.4	70 ~ 80	碳化物、硬质合金、淬火工具钢、浅层表面硬化钢等
HRB	1/16 ($\phi 1.588\text{mm}$)钢球	980.7	25 ~ 100	软钢、铜合金、铝合金、可锻铸铁
HRC	金钢石圆锥	1471.0	20 ~ 67	淬火钢、调质钢、深层表面硬化钢

注:①HRA、HRB 所用刻度盘满刻度为 100,HRB 为 130。

洛氏硬度试验的优点是操作简便,可从表盘上直接读出硬度值,不用计算或查表,而且压痕小,对工件表面损伤小,可测定薄壁件,测定范围广。其缺点是:精度稍差、硬度值重复性差。通常要在材料不同部位作数次测定,取其平均值作为材料的硬度值。

洛氏硬度的标注是在硬度值后标出相应标尺的硬度符号。例如,70HRA、90HRB、65HRC 等。

三、维氏硬度

维氏硬度的测定原理和布氏硬度相同,所不同的是维氏硬度所用压头是顶角为 136°的金刚石正四棱锥体。其原理见图 1-5。试验时在载荷 F 作用下,在试样表面上压出一个正方形的锥面压痕,测量正方形对角线平均长度 d 。计算出压痕表面积 S ,以 F/S 的值来表示试样的硬度值,用符号 HV 表示。计算公式如下:

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

式中: F ——载荷(N);
 d ——压痕对角线的算术平均值(mm)。

维氏硬度也可根据所测的 d 值,从维氏硬度表中直接查出。

由于维氏硬度所用压头为正四棱锥体。当荷载改变时,压痕的几何形状相似,所以维氏硬度试验所用荷载可以随意选择(如 50N、100N、200N、300N、500N、1000N、1200N 等),所得到的硬度值相同。

维氏硬度标注时,在符号 HV 前面标注硬度数值,在符号后边按荷载大小和保持时间的顺序用数字标注试验条件。保持时间为 10~15s 时,不标注。

例如,640HV300 表示荷载为 300N,保持时间为 10~15s,维氏硬度为 640。

640HV300/30 表示荷载为 300N,保持时间为 30s,维氏硬度为 640。

维氏硬度优点是:压痕轮廓清晰、精确、荷载可任意选择,所以适用测定软硬金属。尤其是测定极薄零件和渗碳层、渗氮层的硬度。但测定时测量值是压痕对角线平均长度 d ,需要计算或查表获得硬度值。效率低于洛氏硬度。

布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度之间无直接换算关系。若需要换算,需查换算表(表1-3)。

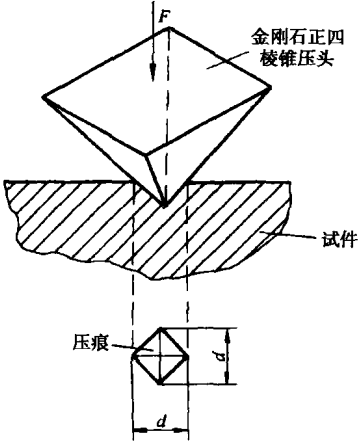


图 1-5 维氏硬度试验原理

洛氏硬度 HRC 与其他硬度换算表 表 1-3

洛氏硬度		布氏硬度 HBS10/3000	维氏 硬度 (HV)	强度(近似值) $\sigma_b/(\text{MPa})$	洛氏硬度		布氏硬度 HBS10/3000	维氏硬度 (HV)	强度(近似值) $\sigma_b/(\text{MPa})$
HRC	HRA				HRC	HRA			
65	83.6		798		36	(68.5)	331	339	1140
64	83.1		774		35	(68.0)	322	329	1115
63	82.6		751		34	(67.5)	314	321	1085
62	82.1		730		33	(67.0)	306	312	1060
61	81.5		708		32	(66.4)	298	304	1030
60	81.0		687	2675	31	(65.9)	291	296	1005
59	80.5		666	2555	30	(65.4)	284	289	985
58	80.0		645	2435	29	(64.9)	277	281	960
57	79.5		625	2315	28	(64.4)	270	274	935
56	78.9		605	2210	27	(63.8)	263	267	915

续上表

洛氏硬度		布氏硬度 HBS10/3000	维氏 硬度 (HV)	强度(近似值) σ_b /(MPa)	洛氏硬度		布氏硬度 HBS10/3000	维氏硬度 (HV)	强度(近似值) σ_b /(MPa)
HRC	HRA				HRC	HRA			
55	78.4	538	587	2115	26	(63.3)	257	260	895
54	77.9	526	659	2030	25	(62.8)	251	254	875
53	77.4	515	551	1945	24	(62.3)	246	247	845
52	76.9	503	535	1875	23	(61.7)	240	241	825
51	76.3	492	520	1805	22	(61.2)	235	235	805
50	75.8	480	504	1745	21	(60.7)	230	229	795
49	75.3	469	489	1685	20	(60.2)	225	224	775
48	74.8	457	457	1635	(19)	(59.7)	221	218	755
47	74.2	445	461	1580	(18)	(59.1)	216	213	740
46	73.7	433	448	1530	(17)	(58.6)	212	208	725
45	73.2	422	435	1480	(16)	(58.1)	208	203	710
44	72.7	411	432	1440	(15)	(57.6)	204	198	690
43	72.2	400	411	1390	(14)	(57.1)	200	193	675
42	71.7	390	400	1350	(13)	(56.5)	196	189	660
41	71.1	379	389	1310	(12)	(56.0)	192	184	645
40	70.6	369	378	1275	(11)	(55.5)	188	180	625
39	70.1	359	368	1235	(10)	(55.0)	185	176	615
38	(69.6)	349	358	1200	(9)	(54.5)	181	172	600
37	(69.0)	340	348	1170	(8)	(53.9)	177	168	590

实训一 金属材料的硬度测试

实训目的与要求：

1. 了解布氏硬度、洛氏硬度计的主要工作原理、结构及操作方法。
2. 掌握布氏硬度、洛氏硬度测试方法的操作规范要求和应用范围。

第三节 冲击韧性及疲劳强度

机械零件在工作中,不是单纯承受静载荷的作用,往往承受的载荷大小、方向随时间发生改变,这种载荷称为动载荷。若是加载速度很快,作用时间很短的突发性载荷,称为冲击载荷;若载荷的大小和方向随时间作周期性变化称为交变载荷。相应材料上产生的应力称为冲击应力和交变应力。

一、冲击韧性

材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力称为冲击韧性。目前常用一次摆锤冲击弯曲试验来测定材料的韧性,其原理如图 1-6 所示。冲击试样见图 1-7。

试验时,将按规定制作的标准冲击试样的缺口(脆性材料不开缺口)背向摆锤摆动方向放在冲击试验机工作台上,如图 1-6a)所示。将质量为 m 的摆锤升起到规定高度 H 后让其自由落下将试样冲断,由于存在惯性力,摆球又继续上升到某一高度 h 。根据功能原理,冲断试件

所消耗的冲击功 $A_k = mg(H - h)$ 。 A_k 又称为冲击吸收功,可从试验机上直接读出。试样上断裂处的横截面积 A_k 除以 S 所得的商,称为该材料的冲击韧性,用 a_k 表示。

$$a_k = \frac{A_k}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

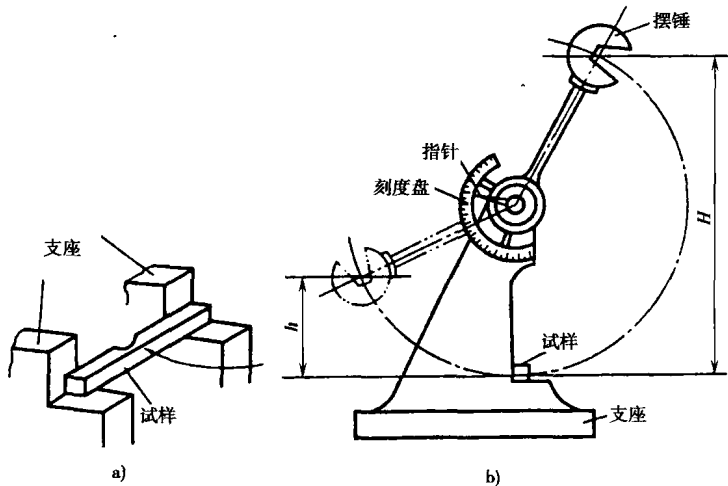


图 1-6 冲击试验原理示意图
a)试样安放位置;b)冲击示意图

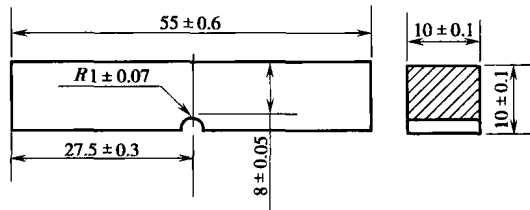


图 1-7 U 形缺口标准冲击试样

越低,如图 1-8 所示。

在一次冲断条件下,测得的冲击韧性 a_k 值对于判断材料抵抗大能量冲击能力,有一定意义。当材料承受的载荷是小能量多次冲击时,如果冲击能量低,冲击次数较多,则材料的冲击韧性主要取决于材料强度。材料强度高则冲击韧性较好。如果冲击能量大、冲击次数较少,则冲击韧性主要取决于材料塑性。材料塑性越高,则冲击韧性较好。所以,冲击韧性 a_k 值一般只作设计和选材的参考。

二、疲劳强度

零件在交变应力下工作时,承受的应力通常低于材料的屈服强度,但是,机件在这种交变载荷作用下经过长时间工作也会发生破坏,这种破坏现象称为疲劳破坏。

疲劳破坏是在交变载荷作用下,经过一定的循环周次后才出现。图 1-9 为某种材料的疲

标准试样缺口有 U、V 两种。冲击韧性分别用 a_{ku} 和 a_{kv} 表示。 a_k 值越大,则材料韧性越好。一般来说,材料强度高,塑性高,其冲击韧性好。冲击韧性除与材料化学成分和显微组织有关外,还与加载速度、试验温度、材料的表面质量及冶金质量有关。加载速度越高、试验温度越低、表面质量及冶金质量越差,测定的冲击韧性 a_k 值就

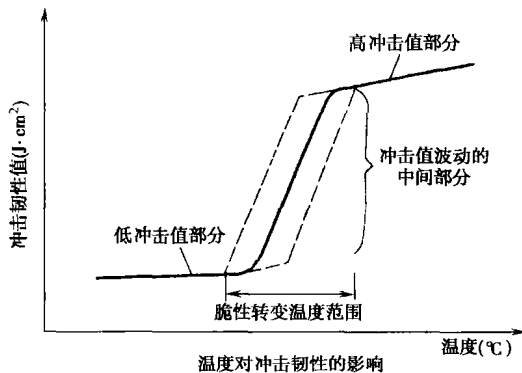


图 1-8 温度对冲击韧性的影响