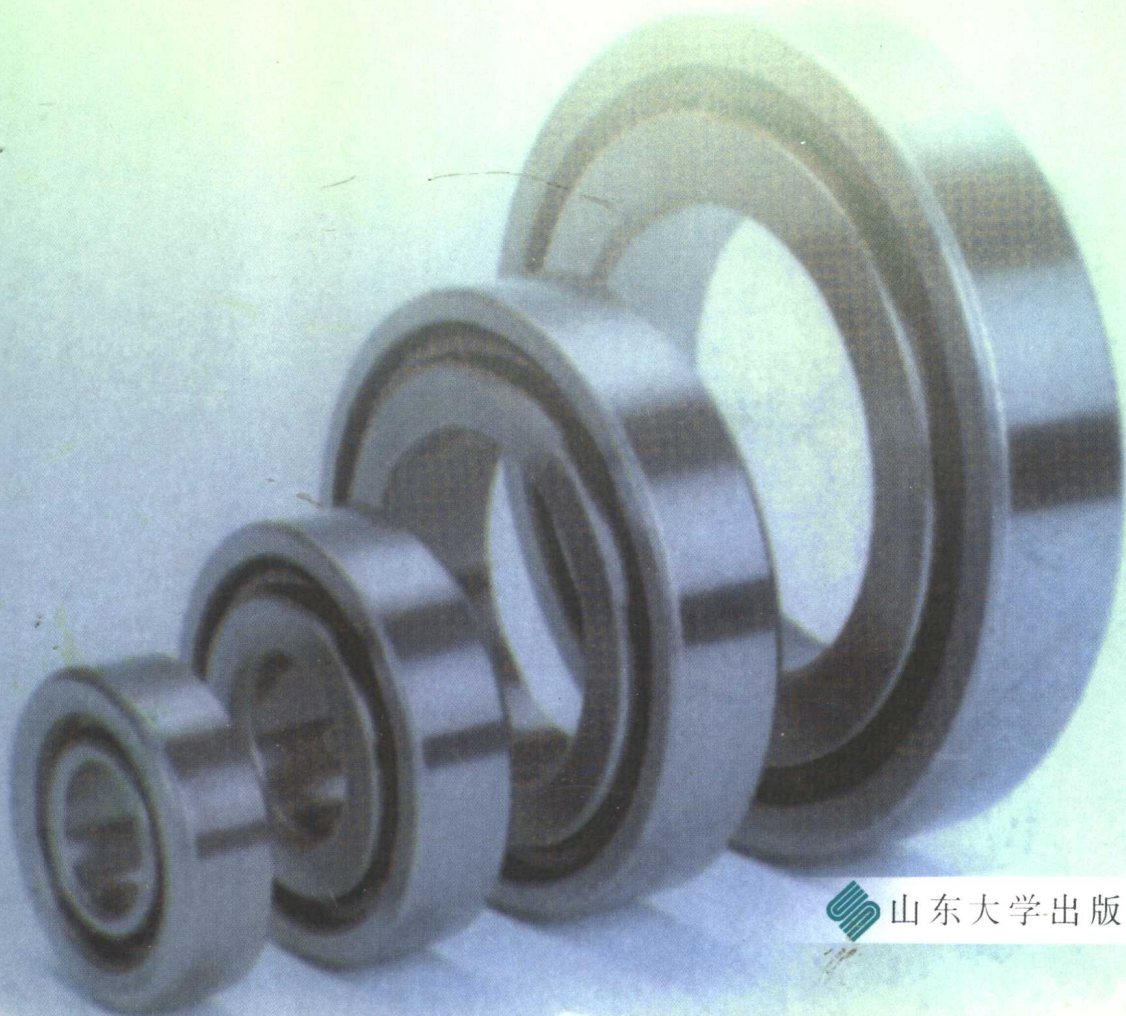


21世纪高职高专系列教材

工程材料与热处理

周 峥 主 编



 山东大学出版社

21 世纪高职高专系列教材

工程材料与热处理

主 编 周 峥

副主编 李巧玉 付长景 刘景芬

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与热处理/周峥主编. —济南:山东大学出版社,2004.8
ISBN 7-5607-2852-9

I. 工…

II. 周

III. ①工程材料—高等学校:技术学校—教材

②热处理—高等学校:技术学校—教材

IV. ①TB3②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 086375 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南景升印业有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 11 印张 264 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册

定价:19.80 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

21 世纪高职高专系列教材

编委会成员名单

主 任 邢宪学

委 员 (按姓氏笔画为序)

马克杰 王元恒 刘德增 牟善德

孙庆珠 苏永勤 杨忠斌 张卫华

张启山 张保卫 柳耀福 郝宪孝

荀方杰 侯印浩 徐 冬 高焕喜

常立学 温金祥

出版说明

江泽民同志在党的十六大报告中指出：“教育是发展科学技术和培养人才的基础，在现代化建设中具有先导性全局性作用，必须摆在优先发展的战略地位。……加强职业教育和培训，发展继续教育，构建终身教育体系。”职业教育作为我国教育事业的一个重要的组成部分，改革开放以来，尤其是近年来获得了长足发展。据不完全统计，目前全国各类高等职业学校有近千所，仅山东省就有五十多所，为国家和地方培养了一大批高素质的劳动者和专门人才。与此相适应，教材建设也硕果累累，各出版社先后推出了多部具有高职特色的高职高专教材。但总体上看，与迅猛发展的高职教育相比，教材的出版相对滞后，这不仅表现在教材品种相对较少，更表现在内容的针对性不强，某些方面与高职的专业设置、培养目标相去甚远。同时，地方性、区域性的高职教材也稍嫌不足。以山东省为例，作为一个经济强省、人口大省、教育大省，迄今为止，居然没有一套统编的、与山东省社会、经济、文化发展相适应的高职教材，严重地制约了我省高职高专教育的发展。

有鉴于此，我们在山东省教育厅的领导与支持下，依据教育部《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，并结合我省高职院校及专业设置的特点，组织省内二十余所高职院校长期从事高职高专教学和研究的专家、教授，编写了这套“21世纪高职高专系列教材”。该教材充分借鉴近年来国内高职高专院校教材建设的最新成果，认真总结和汲取省内高职院校和成人高校在教育、培养新时期技术应用性专门人才方面所取得的成功经验，以适应高职院校教学改革的需要为目标，重点突出实用性、针对性，力求从内容到形式都有一定的突破和创新。本系列教材拟分批出版，约一百余种。出齐后，将涵盖山东省高职高专教育的基础课程和主干课程。

编写这套教材，在我们是一次粗浅的尝试，也是一次学习、探索和提高的机会。由于我们水平有限，加之编写时间仓促，本教材无论在内容还是形式上都难免会存在这样那样的缺憾或不足，敬请专家和读者批评指正。

21世纪高职高专系列教材编写委员会
2003年8月

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基本要求》，结合高职教育特点和高职教育教学改革经验，本着“必需、够用”的原则组织编写的。是高职高专机电类系列教材之一，亦可作为其他工程技术人员、企业管理人员的必备的参考用书。

本课程是高职高专机电类专业的一门重要的专业基础课。通过本课程的学习，使学生了解金属学的基本知识；掌握热处理的原理和方法；掌握常用金属材料的牌号、力学性能和应用；了解常用的非金属材料、复合材料的性能特点和用途；能够根据所学知识在零件的设计过程中正确选择零件所需的材料。

本书在编写过程中始终坚持以下原则：教学服从于培养生产第一线应用技能型人才的专业培养总目标，坚持理论联系实际，以掌握概念、强化应用为教学重点。着重培养学生分析问题、解决问题的能力，进一步拓宽学生的专业知识面。在编写本教材时，我们尽力贯彻最新国家标准中各种技术术语、符号和法定计量单位，积极采用新的材料牌号表示方法，同时注意到新旧牌号的对照。考虑到高职院校学生已有的专业知识以及培养目标等特点，在编写内容上力求简单实用，对基本内容和重点内容讲明讲细，对有规律的内容列举典型事例，力求使学生举一反三，培养自身的归纳总结能力。对非重点内容只作简单介绍。在编写顺序上按照由浅入深，循序渐进的原则，从工程材料的基本知识到常用工程材料应用，注重知识点之间的衔接和过渡。本教材重点突出，思路清晰，既有利于教师的教学又便于学生自学。

本书由山东劳动职业技术学院的周峥担任主编并负责统稿，李巧玉、付长景、刘景芬担任副主编。其中周峥编写绪论、第五章；付长景编写第六章、第七章、第十一章；李庆编写第十章；李巧玉编写第三章；刘景芬编写第四章、第八章；李俊华编写第一章、第二章；王晶编写第九章。

在本书的编写过程中，得到了山东劳动职业技术学院、山东大学出版社等有关领导和老师的大力支持，并参考了有关的文献资料，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，本书中难免存在一些错误和不足之处，在此恳请广大读者批评指正。

编 者

2004年7月于济南

目 录

绪 论	(1)
第一章 金属材料的力学性能	(3)
第一节 金属材料的强度和塑性	(3)
第二节 金属材料的硬度	(6)
第三节 金属材料的冲击韧性	(10)
第四节 金属材料的疲劳极限	(11)
第五节 金属材料的断裂韧性	(13)
习 题	(14)
第二章 金属的晶体结构与结晶	(15)
第一节 金属的晶体结构	(15)
第二节 纯金属的结晶	(19)
第三节 金属的同素异构转变	(22)
第四节 合金的相结构	(23)
习 题	(25)
第三章 金属的塑性变形与再结晶	(26)
第一节 金属的塑性变形	(26)
第二节 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	(30)
第三节 冷塑性变形金属在加热时组织和性能的变化	(33)
第四节 热加工对金属组织和性能的影响	(35)
习 题	(36)
第四章 铁碳合金相图	(38)
第一节 二元合金相图	(38)
第二节 铁碳合金的基本相与基本组织	(41)

第三节	Fe-Fe ₃ C 相图分析	(44)
第四节	含碳量对铁碳合金组织与性能的影响	(53)
第五节	铁碳合金相图的应用	(54)
习 题		(56)
第五章	钢的热处理	(57)
第一节	钢在加热时的组织转变	(57)
第二节	钢在冷却时的组织转变	(60)
第三节	钢的退火和正火	(64)
第四节	钢的淬火	(65)
第五节	钢的回火	(69)
第六节	钢的表面热处理	(71)
第七节	热处理工艺的应用	(74)
习 题		(78)
第六章	工程材料的表面处理	(80)
第一节	概 述	(80)
第二节	材料的表面处理方法	(81)
习 题		(85)
第七章	工业用钢	(86)
第一节	钢的分类与牌号	(86)
第二节	杂质元素和合金元素在钢中的作用	(90)
第三节	碳素钢	(92)
第四节	合金钢	(96)
习 题		(107)
第八章	铸 铁	(108)
第一节	概 述	(108)
第二节	铸铁的石墨化	(109)
第三节	灰铸铁	(111)
第四节	球墨铸铁	(114)
第五节	蠕墨铸铁	(117)
第六节	可锻铸铁	(120)
第七节	合金铸铁	(122)
习 题		(124)

第九章 有色金属及硬质合金·····	(125)
第一节 铝及铝合金·····	(125)
第二节 铜及铜合金·····	(129)
第三节 滑动轴承合金·····	(132)
第四节 硬质合金·····	(133)
习 题·····	(135)
第十章 非金属材料与复合材料·····	(136)
第一节 高分子材料·····	(136)
第二节 陶瓷材料·····	(143)
第三节 复合材料·····	(146)
习 题·····	(150)
第十一章 机械零件的选材及工艺路线分析·····	(151)
第一节 机械零件的失效·····	(151)
第二节 机械零件的选材·····	(153)
第三节 典型零件的选材及工艺路线分析·····	(156)
习 题·····	(163)
主要参考文献·····	(164)

绪 论

一、工程材料与热处理的发展概要

工程材料是人类生产和社会发展的重要物质基础,也是日常生活中不可分割的一个组成部分。人类历史的发展从原始时期的石器时代开始,经历了青铜器时代和铁器时代,将人类带入了农业社会。18 世纪钢铁时代的来临,带来了工业社会的文明。尤其是近百年来,随着科学技术的迅猛发展和社会的需求,新材料更是层出不穷,出现了高分子材料时代、半导体材料时代、先进陶瓷材料时代、复合材料时代、人工合成材料时代和纳米材料时代。历史证明,每一次重大新技术的发现,往往都依赖于新材料的发展。

在原始社会的末期,中华民族的祖先最早使用了火烧制陶器。东汉时期出现了瓷器。据考古发现,4000 多年前,金属材料就开始出现在人类的生活中,当时我国的青铜冶炼与铸造技术就已经具有较高的技术水平。在春秋战国时期,我国就发明了炼铁技术,比欧洲早了 1800 多年,当时就开始大量地使用铁器,随后白口铸铁、麻口铸铁、可锻铸铁也相继开始使用。1953 年从兴隆地区发掘出来的战国铁器遗址中,就有浇注农具用的铁模子,说明当时已经掌握了铁模铸造技术。到了汉代,我国的“先炼铁后炼钢”技术已居世界领先地位。开始使用炼钢技术大量制造钢铁产品。在热处理技术方面,早在西汉就有“水与火合为粹(淬)”之说,东汉时则有“清水淬其锋”等有关热处理技术的记载。在西汉出土的文物如刚剑、书刀等,经金相检验发现,其内部组织接近于淬火马氏体和渗碳体组织,这说明在西汉时期,已经采用了各种热处理方法,并已经具有相当高的技术水平。20 世纪以来,随着现代科学技术的迅猛发展,对材料的技术要求越来越高。在大量发展高性能金属材料的同时,又迅速发展和应用高性能的非金属材料和复合材料。近年来,我国在材料工业领域取得了巨大的成就。我国的钢产量已经跃居世界的前列,在金属材料生产方面已建立了符合我国特点的合金钢系列,且应用范围正在日益扩大。广泛采用稀土元素材料,并研制出具有世界先进水平的稀土镁球墨铸铁。许多热处理新工艺、新技术得到了应用和推广。高分子材料、陶瓷材料、复合材料等非金属材料在生产中也逐步得到了应用。

随着科学技术的不断发展,新产品、新工艺、新材料也在不断地出现,但与发达国家相比,我国在材料开发方面仍有一定的差距,这在一定程度上制约了我国经济的发展。因此,我们应该刻苦地学习,不断地探索,努力赶超世界先进水平,为我国材料工业的腾飞贡

献自己的力量。

二、本课程的基本内容、性质与任务

本课程的基本内容包括：金属材料的力学性能、金属学的基础知识、钢的热处理、工程材料的表面处理、常用的金属材料、非金属材料、复合材料以及机械零件的选材等。

其中金属材料的力学性能主要介绍常用力学性能的衡量指标；金属学基础知识主要介绍金属的晶体结构与结晶，金属的塑性变形与再结晶，铁碳合金的基本组织，铁碳合金相图等；钢的热处理主要介绍热处理的原理，热处理的方法以及热处理的应用；工程材料的表面处理主要介绍表面处理的目的是和表面处理的方法；常用的金属材料主要介绍工业用钢、铸铁、有色金属材料和硬质合金等金属材料的牌号、性能、热处理方法和用途；非金属材料与硬质合金主要介绍常用的高分子材料如塑料、橡胶、合成纤维、胶黏剂、涂料以及陶瓷材料、复合材料的性能和用途；机械工程材料的选用主要介绍零件的失效以及选材的原则，轴类零件、齿轮类零件的选材以及加工工艺路线分析。

工程材料与热处理是一门重要的专业基础课程，通过对本课程的学习使学生在获得机械工程材料一般知识的基础上，了解常用金属材料的成分、组织、性能和加工工艺之间的关系及其用途，从而使学生初步具备了合理选择材料和使用材料、正确选择加工方法及安排制定加工工艺路线的能力，也为以后专业课程的学习打下一定的基础。

第一章 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的性能,包括强度、硬度、塑性、韧性及疲劳强度等。在机械设备及工具的设计、制造中选用金属材料时,大多以其力学性能为主要依据,因此熟悉和掌握金属材料的力学性能是非常重要的。

第一节 金属材料的强度和塑性

一、拉伸试验及拉伸曲线

材料的力学性能可由拉伸试验测定。为便于比较不同材料的试验结果,必须将试验材料按照国家标准制成。在国家标准中,对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定,拉伸试样的形状一般有圆形和矩形两类。图 1-1所示为圆形拉伸试样。

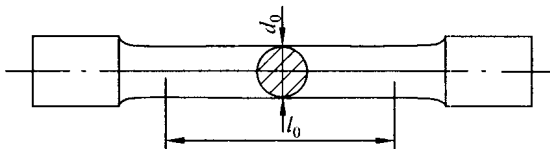


图 1-1 圆形拉伸试样

图中 d_0 是试样的直径, l_0 为标距长度。根据标距长度与直径之间的关系,试样可分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。

拉伸试验的方法是将试样装在试验机上,缓慢平稳地加载至拉断。对应每一个拉力 F , 试样标距 l_0 有一伸长量 Δl 。表示 F 和 Δl 关系的曲线称为拉伸曲线或 $F-\Delta l$ 曲线。图 1-2 是典型塑性材料低碳钢的拉伸曲线。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 。根据拉伸曲线, 低碳钢的拉伸过程可分为以下四个变形阶段:

(1) oe -弹性变形阶段 试样变形完全是弹性的,若卸除试验力,试样能完全恢复到原来的形状和尺寸。这种随载荷的存在而产生,随载荷的去除而消失的变形称为弹性变形。 F_e 为试样能恢复到原始形状和尺寸的最大拉伸力。

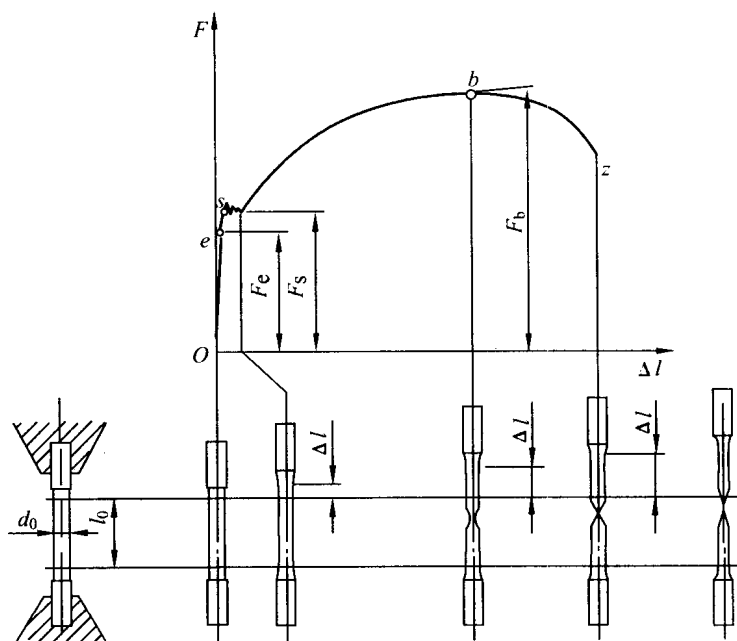


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

(2) es-屈服阶段 当应力超过 F_e 增加到某一数值时,变形有非常明显的增加,而载荷在很小的范围内波动,曲线上形成一段接近水平线的小锯齿状线段。这种载荷变化不大而变形显著增加的现象称为屈服。屈服阶段的最低载荷 F_e 称为屈服载荷。当载荷卸除时,试样的伸长只能部分的恢复,而保留一部分残余变形。这种不能随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。

(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。这种随塑性变形增大变形抗力逐渐增加的现象称为形变强化(或称加工硬化)。此阶段最高点对应的力 F_b 是材料所能承受的最大载荷。此阶段试样的变形是均匀的。

(4) bz-局部变形阶段 当载荷达到最大值 F_b 后,试样的直径发生急剧收缩,称为颈缩现象。由于试样缩颈处横截面积减小,试样变形所需要的载荷也随之降低,这时伸长主要集中于缩颈部位,直至断裂。

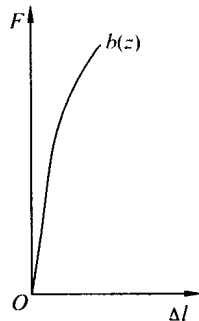


图 1-3 铸铁的拉伸曲线

工程上使用的金属材料,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,而且也不产生颈缩现象,如铸铁等。图 1-3 为铸铁的拉伸曲线。

二、强度

强度是材料在外力作用下抵抗破坏的能力。根据外力的作用方式不同,强度指标也

有不同的种类,如抗拉强度,抗弯强度,抗剪强度等。其中以拉伸试验所得的强度指标应用最为广泛。在拉伸力的作用下,强度指标有屈服点和抗拉强度两种。

1. 屈服点

在拉伸试验中,载荷几乎不增加,但变形明显增加的现象称为屈服。屈服阶段所对应的最低应力称为屈服点,用符号 σ_s 表示,计算公式如下:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 σ_s ——屈服点,MPa;

F_s ——试样屈服时的载荷,N;

A_0 ——试样原始横截面积,mm²。

屈服点是具有屈服现象的金属材料特有的强度指标。对于无明显屈服现象的塑性金属材料,国家标准规定用试样标距长度产生 0.2% 残余伸长率时的应力值作为该材料的屈服点,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示,称为规定残余伸长应力。计算公式如下:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0}$$

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;

A_0 ——试样原始横截面积,mm²。

屈服点 σ_s 和规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ 是零件(特别是不允许产生明显变形的零件)设计的主要依据,也是材料强度的重要指标。机械零件在工作时如受力过大,材料将达到屈服而产生过量的塑性变形而失效。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,零件越不容易失效。

2. 抗拉强度

材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度,用符号 σ_b 表示。计算公式如下:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 σ_b ——抗拉强度,MPa;

F_b ——试样拉断前承受的最大载荷,N;

A_0 ——试样原始横截面积,mm²。

σ_b 也是零件设计和材料评定时的重要指标。零件在工作中所承受的应力,不允许超过抗拉强度,否则会发生断裂。 σ_b 测量方便,如果单从保证零件不发生断裂的角度考虑,可用 σ_b 作为设计依据,但所取安全系数要大些。

三、塑 性

断裂前金属材料产生永久变形的能力称为塑性。塑性指标也是由拉伸试验测得的,常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率两种。

1. 伸长率

试样拉断后,标距的伸长量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 ——伸长率, %;

l_1 ——试样拉断后的标距, mm;

l_0 ——试样的原始标距, mm。

试样的长度不同,测得的伸长率也不同。长试样的伸长率用 δ_{10} 表示,短试样的伸长率用 δ_5 表示。同一材料, $\delta_5 > \delta_{10}$, 对不同材料, δ_{10} 和 δ_5 值不能直接比较。

2. 断面收缩率

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称为断面收缩率,用符号 ψ 表示。其计算公式如下:

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 ψ ——断面收缩率, %;

A_0 ——试样原始横截面积, mm²;

A_1 ——试样拉断后缩颈处的横截面积, mm²。

δ 和 ψ 数值越大,材料的塑性越好。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,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。

第二节 金属材料的硬度

硬度是材料抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度是金属材料重要的力学性能之一,是各种零件和工具必须具备的性能指标。通常材料越硬,其耐磨性越好,因此,机械制造业所用的刀具、量具、模具等,都应具备足够的硬度,才能保证其使用性能和寿命。有些机械零件如齿轮等,也要求有一定的硬度,以保证足够的耐磨性和使用寿命。同时通过硬度值可估计材料的近似 σ_b 值。硬度试验方法比较简单、迅速,可直接在原材料或零件表面上测试,因此被广泛应用。常用的硬度测试方法有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)、维氏硬度(HV)三种。

一、布氏硬度

布氏硬度的测试原理是用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球,以相应的试验力压入被测金属表面,保持规定时间后卸除试验力,用读数显微镜测出压痕直径 d , 然后计算布氏硬度值。如图 1-4 所示。

布氏硬度值是用球面压痕单位表面积上所承受的平均压力来表示。用符号 HBS

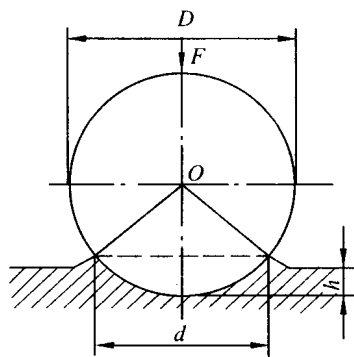


图 1-4 布氏硬度试验原理

(HBW)来表示。计算公式为:

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

式中 HBS(HBW)——用钢球(硬质合金球)试验时的布氏硬度值;

F ——试验力, N;

S ——球面压痕表面积, mm^2 ;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕直径, mm;

从上式可以看出,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 有关。 d 越小,布氏硬度值越大,即硬度越高。相反, d 越大,布氏硬度值越小,硬度越低。

在实际应用中,布氏硬度值可不需计算,根据压痕直径 d 的大小对照有关附录查出相应的布氏硬度值。

淬火钢球用于测定布氏硬度小于 450 的金属材料,如灰铸铁、有色金属及经退火、正火和调质处理后的钢材,其硬度值用符号 HBS 表示。布氏硬度在 450~650 之间的材料,压头用硬质合金球,其硬度值用符号 HBW 表示。在布氏硬度的表示方法中,符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面依次用相应数值注明压头球体直径(mm)、试验力(0.102N)、试验力保持时间(s),10~15s 不标注。例如 170HBS10/1000/30 表示直径 10mm 的钢球在 9807N(1000kg)的试验力作用下,保持 30s 时测得的布氏硬度值为 170。

由于金属材料的种类、硬度、厚度、大小不同,如果只采用一种标准的试验力 F 和压头直径 D ,就会出现对某些材料和工件不适应的现象。因此,在生产中进行布氏硬度试验时,要求能使用不同大小的试验力和压头直径,建立试验力 F 和压头直径 D 之间的某种选配关系,以保证所测布氏硬度的不变性。常用的压头直径 D 有 1, 2, 2.5, 5 和 10mm 五种,试验力 F 在 9807N~29.42kN 范围内,二者之间的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 根据材料和布氏硬度范围选择试验条件

材 料	布 氏 硬 度	F/D^2
钢及铸铁	<140	10
	≥140	
铜及其合金	<35	5
	35~130	10
	>130	
轻金属及其合金	<35	2.5(1.25)
	35~80	10(5 或 15)
	>80	10(15)
铅、锡		1.25(1)

① 当试验条件允许时,应尽量选用直径为 10mm 的球。

② 当有关标准中没有明确规定时,应使用无括号的 F/D^2 值。

布氏硬度的优点是具有较高的测量精度,因其采用的试验力大,球体直径大,因而压痕直径也大,能较准确地反映金属材料的平均硬度。另外,由于布氏硬度与其他力学性能

(如抗拉强度 σ_b) 之间存在一定的经验关系, 因而得到广泛的应用。

布氏硬度的缺点是操作时间长, 不同材料需不同压头和试验力, 压痕测量较费时; 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, 布氏硬度主要适用于测定硬度不是很高的材料, 用钢球压头测量时, 材料硬度值必须小于 450; 用硬质合金球压头测量时, 材料硬度值必须小于 650。又因压痕较大, 不宜于测量成品及薄件。

二、洛氏硬度

图 1-5 是洛氏硬度测试过程示意图。它是用金刚石圆锥体或淬火钢球压头, 先施加初试验力 F_0 , 压入深度为 h_1 , 目的是为消除因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 F_1 , 试样弹性变形的恢复使压头回升到 h_3 位置, 则由主试验力所引起的塑性变形的压痕深度 $h = h_3 - h_1$ 。金属越硬, h 值越小。为适应人们习惯上认为数值越大, 硬度越高的观念, 将一个常数 K 减去压痕深度 h 来表示硬度的大小, 并用 0.002mm 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。洛氏硬度值按下列公式计算:

$$HR = \frac{K - h}{0.002}$$

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 0.2mm, 用钢球压头进行试验时, K 为 0.26mm;

h——压痕深度, mm。

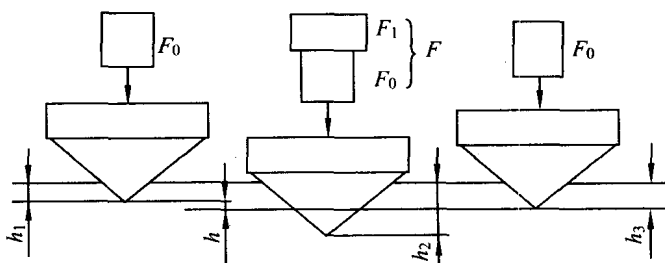


图 1-5 圆形拉伸试样

由公式可以看出, 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。

为了能用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度, 可用不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标尺, 每一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是 HRA, HRB, HRC 三种, 其中 C 标尺应用最为广泛。三种标尺的试验条件和试验范围如表 1-2 所示。