

中等专业学校规划教材

金属材料

杨启东 霍淑珍 陈洪杰 王长新 编著

**JINSHU
CAILIAO**

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内容简介

本书是根据煤炭工业中等学校物资管理专业 104 学时的《金属材料》教学大纲编写的。

本书共分十章,主要介绍金属材料的性能、组织结构、铁碳合金状态图、钢的热处理及常用金属材料的分类、牌号、型号、规格、标注、成份、性能和主要用途;介绍钢的火花鉴别、金属的腐蚀、金属的订货、检验及保管、防腐等的有关基本知识。在书中用一章的篇幅较为详细地叙述属于材料性质的机电产品——滚动轴承与电焊条的知识。

本书除作为煤炭工业中等专业学校、职工中专、函授中专物资管理、市场营销专业的教材、亦可作为企业物资管理工作人员业务自学的参考书。

责任编辑:姚美华

责任校对:马景山

中等专业学校规划教材

金属材料

杨启东 霍淑珍 陈洪杰 王长新 编著

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18.75 字数 456 千字

1994 年 10 月第一版 1994 年 10 月第一次印刷

印数 1~6000 册

ISBN 7 - 81040 - 241 - 2

TG · 5

定价:10.60 元

前 言

历史证明人类的生产活动和社会的发展是同金属的认识和利用紧密联系在一起。在生产高度发展的现代社会,人们更离不开金属和金属材料。金属材料是泛指各种金属及其制品,既包括纯金属、也包括合金;既包括冶炼产品也包括加工产品。金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料两大类,而黑色金属材料的用量最多。金属材料是发展国民经济、满足人民生活需要,而且是越来越重要的物资。

物资管理工作是沟通生产和使用的桥梁。如何正确地组织供应金属材料,对合理地使用金属材料进行必要的监督;提出节约金属材料的有效措施,以及如何充分发挥其潜在的性能;科学地进行验收入库,妥善保管,做好各项装卸、运输作业,使金属材料保质、保量地使用到生产、建设上去,使金属材料都能发挥其最大的经济效益,这些是对物资管理工作者“应知”、“应会”的一项基本要求。基于这一要求,根据1992年煤炭系统5个中等专业学校为物资管理专业所确定的《金属材料》教学大纲、并结合近年来教学实践和金属材料的发展情况、按照教材编写计划,用将近一年的时间重新编写《金属材料》这一教材。

《金属材料》是中等专业学校物资供应与管理专业的主要骨干课程,在编写过程中,我们注意了中等专业学校物资供应与管理专业的特点与需要,注意适用性,着重介绍金属材料的加工、分类、牌号、性能、质量、用途、检验等知识;同时查阅了不少同类教材的内容、查阅了各种材料手册,经过对比、分析吸取其中的长处,把新的标准、新的内容编进教材中去。根据需要把煤矿经常使用的重要而不属于金属材料的电焊条、滚动轴承作为独立的章节编在教材里。

参加本教材编写的同志有杨启东(七章)、霍淑珍(一、二、六、十章)、陈洪杰(三、四、八章)、王长新(五、九章)。全书由主编杨启东总纂定稿。

由于我们的水平所限、经验不足、时间也比较紧,在编写过程中难免出现错漏与不当之处,希提出宝贵的意见,以便今后改进。

本书在编写过程中,还曾得到姚美华、徐振武、欧阳恩赐等同志的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

编著 1993. 10 月

目 录

第一章 金属材料的性能	(1)
第一节 金属材料的物理性能.....	(1)
第二节 金属材料的化学性能.....	(4)
第三节 金属材料的机械性能.....	(4)
第四节 金属材料的工艺性能	(18)
第二章 金属的组织结构	(21)
第一节 金属的原子结构	(21)
第二节 金属的晶体结构	(22)
第三节 金属的结晶	(27)
第四节 金属的同素异构转变	(31)
第五节 合金的相结构与性能	(32)
第三章 铁碳合金状态图	(38)
第一节 二元合金相图简介	(38)
第二节 铁碳合金的相和组织	(47)
第三节 铁碳合金状态图	(50)
第四节 含碳量与铁碳合金室温组织与机械性能之间的关系	(61)
第四章 钢的热处理	(65)
第一节 热处理概述	(65)
第二节 钢在加热时的转变	(66)
第三节 钢在冷却时的转变	(70)
第四节 钢的热处理	(82)
第五节 钢的表面热处理	(90)
第五章 生铁、铁合金及铸铁	(95)
第一节 生铁	(95)
第二节 铁合金	(98)
第三节 铸铁.....	(103)
第六章 钢	(113)
第一节 钢的概述.....	(113)
第二节 结构钢.....	(126)
第三节 工具钢.....	(146)
第四节 特殊性能钢.....	(151)
第五节 铸造碳钢.....	(159)

第七章 钢材	(162)
第一节 钢材的压力加工.....	(162)
第二节 钢轨及其配件.....	(168)
第三节 型钢.....	(173)
第四节 钢板和钢带.....	(182)
第五节 钢管.....	(189)
第六节 煤矿专用型钢.....	(195)
第七节 金属制品.....	(204)
第八章 有色金属材料	(219)
第一节 有色金属的分类及牌号表示方法.....	(219)
第二节 铜及铜合金.....	(223)
第三节 铝及铝合金.....	(230)
第四节 普通有色金属.....	(238)
第五节 轴承合金、易熔合金及银合金	(241)
第六节 钛和其它稀有金属.....	(248)
第七节 硬质合金与粉末冶金材料.....	(252)
第九章 金属材料的检验和防腐	(259)
第一节 金属材料的标准.....	(259)
第二节 金属材料的检验.....	(260)
第三节 钢铁的火花鉴别.....	(265)
第四节 金属材料的腐蚀及防护.....	(267)
第十章 滚动轴承与电焊条	(270)
第一节 滚动轴承.....	(270)
第二节 电焊条.....	(280)
附录	(287)
参考文献	(292)

第一章 金属材料的性能

煤炭工业在生产和建设中使用的金属材料品种繁多,要正确合理地选用材料,充分发挥其性能潜力,提高金属材料的利用率,就必须掌握金属材料的性能。

金属材料的性能——是指使用性能,它反映金属材料在使用过程中所表现出的特性,这一特性决定材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。使用性能包括机械、物理、化学性能等;二是指工艺性能,它反映金属材料在加工制造过程中表现出的特性,其包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。

第一节 金属材料的物理性能

金属的物理性能是指金属固有的属性,是指不发生化学变化就能表现出来的性能。它包括密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性和磁性等。

一、密度

单位体积物质的质量叫做该物质的密度。金属的密度即单位体积金属的质量。其计算公式为

$$\rho = \frac{m}{v}, \text{kg/m}^3$$

式中 ρ ——物体的密度, kg/m^3 ;

m ——物体的质量, kg ;

v ——物体的体积, m^3 。

密度是物体特性之一,不同物体的密度是不同的。一般将密度小于 $4.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的金属称为轻金属,密度大于 $4.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 的金属称为重金属。

对于金属材料来说,密度是一个重要的物理性能。许多不能直接称量的物体可以由它的体积和密度计算它的质量,有些形状比较复杂的物体,可由其质量和密度计算它的体积,也可以用密度来鉴别物体。

常用的金属材料密度差别很大,见表 1-1。

材料的密度是人们选材的重要依据之一。近代受使用者欢迎的是体积小,重量轻、强度高的金属材料构件。这就要求材料有高的比强度(抗拉强度与密度的比值)。密度小,强度大的金属对于飞机、火箭、潜艇等更有特殊意义。在各类金属中,比强度最高的是钛。钛的强度比铁高,但密度只有铁的二分之一。我国钛储量丰富,因此今后含钛合金定将会得到广泛的应用。

二、熔点

金属由固态开始熔化为液态时的温度称为熔点,其单位用摄氏($^{\circ}\text{C}$)来表示。纯金属都有固定的熔点,见表 1-1。不同的金属,其熔点差别很大。如钨的熔点高达 3380°C ,而汞则为

-39℃。

熔点对于冶炼、铸造、焊接和配制合金等方面都很重要。易熔金属如锡、铅、锌等可以用来制造焊料、印刷铅字、保险丝和防火安全阀等。难熔金属如钨、钼、钒等可以制造耐高温的工件和零件,这类金属在火箭、导弹、燃气轮机和喷气轮机等方面得到了广泛的应用。

三、导电性

金属能够传导电流的能力称为导电性。导电性是金属固有的特性。金属的导电能力取决于它的电阻率。电阻率越小,导电性越好。电阻率用符号 ρ 表示,其单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧姆·米)或 $\Omega \cdot \text{cm}$ (欧姆·厘米)。在纯金属中,以银的导电性为最好,其次是铜、铝。如把银的导电性视为 100,那么铜的导电性为 94,铝为 55,铁为 15。铅的导电性为常用金属中的最低者,其电阻率比铜大 12 倍。常用金属的电阻率见表 1-1。

表 1-1

常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度 (kg/m^3)	熔点 ($^{\circ}\text{C}$)	热导率 λ ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)	线膨胀系数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	电阻率 ρ $10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$
银	Ag	10.49×10^3	960.8	418.6	19.7	1.5
铜	Cu	8.96×10^3	1083	393.5	17	1.67—1.68(20℃)
铝	Al	2.7×10^3	660	221.9	23.6	2.655
镁	Mg	1.74×10^3	650	153.7	24.3	4.47
钨	W	19.3×10^3	3380	166.2	4.6(20℃)	5.1
镍	Ni	4.5×10^3	1453	92.1	13.4	6.84
铁	Fe	7.87×10^3	1538	75.4	11.76	9.7
锡	Sn	7.3×10^3	231.9	62.8	2.3	11.5
铬	Cr	7.19×10^3	1903	67	6.2	12.9
钛	Ti	4.508×10^3	1677	15.1	8.2	42.1—47.8
锰	Mn	7.43×10^3	1244	4.98(-192℃)	37	185(20℃)

①在 20℃时;②0~100℃时;③在 0℃时

合金的导电性一般比纯金属差,所以工业上尽可能用纯金属做导体,电热元件或电热零件则而选用电阻率大的镍铬合金和铁铬铝合金。

金属电阻随温度升高而增大的现象,证明金属具有正的电阻温度系数。这是金属与非金属的最本质的区别之一。

四、导热性

金属传导热能的能力称为导热性。在一般情况下,金属的导热性比非金属好。物质对热的传递是靠原子的振动或电子的运动来完成的,原子的振动为所有固体物质所共有,而自由电子的运动则是金属所独有的,它不仅是导电的条件,也是导热的条件,这就是金属具有良好导热性的原因。

金属的导热能力取决于它的热导率 λ (导热系数),它等于热流量除以长度 L 与温度差 ΔT 之乘积,其单位为 $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 。热导率越大,导热性就越好。金属的导热能力以银为最好,铜铝次之,纯金属的导热性比合金好。常用金属的热导率见表 1-1。

对金属加工或选材时,均需要考虑热导率的影响。对导热性差的金属,其加热速度应慢些,这样才能保证内外温度均匀一致。导热性好的金属,散热也好,可以用来制造散热器、热交换器等零件。

五、热膨胀性

一般金属材料随着温度变化而膨胀、收缩的特性称为热膨胀性。冷却时,金属的体积会发生收缩,这种现象叫热胀冷缩,热胀冷缩现象是绝大多数金属共有的特性。

金属的热膨胀性用线胀系数来表示,其计算公式为

$$\alpha = (L_2 - L_1) / L_1 \Delta t$$

式中 α ——线胀系数,1/K 或 1/°C;

L_1 ——膨胀前的长度,m;

L_2 ——膨胀后的长度,m;

Δt ——温度变化量($t_2 - t_1$),K 或 °C。

常用金属的线胀系数见表 1-1。体胀系数是线胀系数的 3 倍。

在实际工作中应该考虑热膨胀的影响。例如在铺设钢轨时,在两根钢轨的衔接处应有一定的空隙。又如大型桥梁,只固定一端,而另一端架在带有滚筒子的支座上,以使桥梁在温度发生变化时可以自由伸缩;有些机械零部件,如内燃机的活塞与缸套之间的间隙很小,既要求保证活塞在缸套内作往复运动,又要求保证气密性,因此要求活塞和缸套材料的热膨胀系数要相近,以免活塞卡死或漏气。在精密仪器或精密机床中,其零件必须采用膨胀系数很小的材料来制造,它们的精度才能保证。另外,异种金属在焊接时,也要考虑热膨胀性是否接近,否则会导致零件变形或损坏。

六、磁性

金属能被磁场吸引或磁化的性能,称为磁性。所有金属按磁性可分为三类。

铁磁性材料——在外加磁场中被强烈磁化,磁化方向与磁场方向相同,如铁、钴、镍等,通常被称为磁性材料。

顺磁性材料——在外加磁场中只能微弱地被磁化,磁化方向与磁场方向相同。如铬、锰、钼等,也称为弱磁性材料。

逆磁性材料——能抗拒或削弱外磁场的磁化作用,磁化方向与磁场方向相反。如铜、锡、铅等,也称为抗磁性材料。

铁磁性材料又分为硬磁性材料和软磁性材料。硬磁性材料常用来制造电话机、扩音器、及电表中的永久磁铁,如 Al—Ni—Co 合金,要求有高的矫顽力和高的剩磁。而软磁性材料常用作电机的转子和变压器的铁芯,如硅钢片,要求有高的导磁率和低的矫顽力。

磁性材料在发电、探矿和起重等方面均有重要的用途。可以说,没有磁性材料,便没有当今如此强大的电源。电磁铁是利用电源的磁效应使铁芯磁化而产生吸引力的装置,通常由软磁材料制成的铁芯和激励线圈组成。当线圈中通以电流时,铁芯被磁化,对铁磁体产生吸力;切断电流时,铁芯去磁,吸力消失。这一特性在继电器中,用以驱动触头工作,在起重工作中,直接吸持铁磁工作物,如盘条、生铁块等。

铁磁材料加热到某一温度,就失去磁性,这个温度叫居里点。如铁的居里点是 768°C,镍的居里点是 358°C,钴居里点 1131°C。

第二节 金属材料的化学性能

金属参与化学变化时所表现出的性能叫做化学性能。如耐蚀性、抗氧化性等。

一、耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其它化学介质腐蚀破坏作用的能力,称为耐蚀性。

腐蚀对金属的危害很大。腐蚀不仅使金属材料本身受到损失,严重时还会使金属构件遭到破坏,甚至引起重大的伤亡事故。这种现象在制药、化肥、制酸、制碱等化工部门,以及煤炭企业要引起足够的重视。如煤矿井下有淋水,空气不流通,又含有害气体 CO_2 、 CO 、 CH_4 、 H_2S 等,这一环境对井下构件腐蚀很严重。因此,提高金属材料的耐腐蚀性能,对于节约金属的消耗,延长金属材料的使用寿命,具有现实的经济意义。

二、抗氧化性

金属材料在高温下抵抗氧化腐蚀的能力,称为抗氧化性。

金属材料在加热时,氧化作用加速。例如钢材在铸造、锻造、热处理、焊接等热加工作业时,会发生氧化和脱碳,造成材料的损耗和各种缺陷。因此在加热时,常在坯件或材料的周围制造一种还原气氛和保护气氛,以避免金属材料的氧化。

现代工业中的许多设备,如石油化工、燃气锅炉、汽轮机、燃气轮机、喷气发动机、火箭、导弹、煤矿电钻、动力锅炉、蒸气锅炉、加热器,有许多零件都是在高温下工作的,而且直接与高温气体介质接触,因此要求具有优良的抗氧化性,所以,在研制这些零件时,必须采用耐热材料。

第三节 金属材料的机械性能

所谓机械性能(或称力学性能)是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性。反映这一特性的基本指标有强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷(或称负荷)。根据载荷的性质不同,可分为静载荷、冲击载荷及交变载荷。

静载荷:是指大小与方向不变或变动很慢的载荷。

冲击载荷:是指突然增加的载荷。

交变载荷:是指大小、方向或大小和方向随时间发生周期性变化的载荷。

金属材料受载荷作用其尺寸或形状发生变化,称为变形。载荷种类不同,变形种类也就不同。仅静载荷而言,可以分为拉伸、压缩、剪切、弯曲、扭转等数种变形形式。见图 1-1。

在外力作用下,材料的变形过程可分为 3 个阶段;即弹性变形、塑性变形和断裂。材料在发生变形的同时,其内部原子间还会产生阻止变形的抗力,称为内力,其数值大小与外力相等。单位面积上的内力称为应力。可用下式来计算:

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

式中 F ——外力, N;

S ——横截面积, m^2 ;

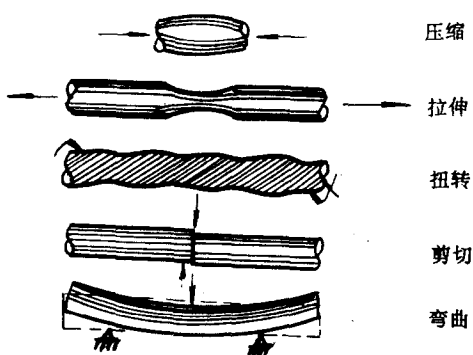


图 1-1 金属材料受载时的变形形式

σ ——应力, Pa。

机械构件的形状、尺寸千差万别,但在承受外力后,均能用应力反映出其内部受力状态,并进行比较。所以强度大小是用应力来度量的。

一、强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和破坏的能力。抵抗能力越大,则强度越高。根据载荷作用方式的不同,强度可分为抗拉、抗压、抗剪、抗扭、抗弯等 5 种强度,其中静拉伸强度最易测得。

拉伸强度是通过拉伸实验测得的,为了测试此项性能,需要把材料制成标准试样,

然后装在拉伸试验机上进行拉伸实验。

1. 拉伸试样

拉伸试样的形状通常有圆形和矩形两类。在国家标准(GB6397—86)中对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。图 1-2 为圆形拉伸试样。图中 d_0 是试样直径, L_0 为标距长度即试样的有效长度。根据标距长度和直径之间的关系,试样可分为长试样($L_0=10d_0$)和短试样($L_0=5d_0$)。

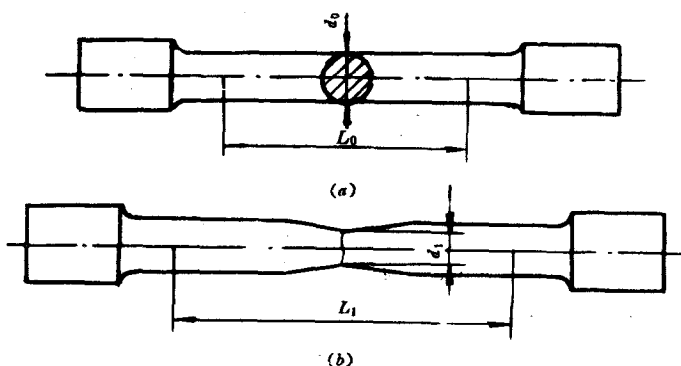


图 1-2 圆形拉伸试样

a—拉伸前; b—拉伸后

2. 拉伸曲线

将试样安装在拉伸试验机上,缓慢地加载,观察加载过程中产生的伸长变形,随时记录载荷与变形量的数值,直至试样被拉断为止。然后将记录的数值绘在以载荷为纵坐标、变形量为横坐标的图上,连接各点所得的曲线即为拉伸曲线。图 1-3 为低碳钢拉伸曲线。一般试验机都备有自动绘图装置,在拉伸过程中自动绘制出拉伸图。

由图可见,低碳钢试样在拉伸过程中,其载荷与变形的关系有以下几个阶段:

Oe ——弹性变形阶段。当作用在试样上的载荷较小,在 F_e 范围内时,随载荷的增加,试

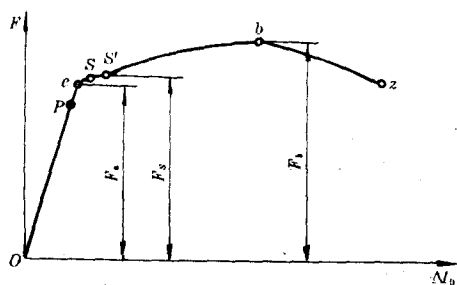


图 1-3 低碳钢的拉伸曲线

样产生变形而伸长,这时如果去除载荷,变形也完全消失。这种随载荷的作用而产生、随载荷的去除而消失的变形,称为弹性变形。

eS ——微量塑性变形阶段。当载荷超过 F_e 后,试样进一步发生变形,此时若去除载荷,绝大部分变形随之消失(弹性变形部分),但是留下了部分(微量)变形不能消失,这种不能随载荷去除而消失的变形,称为塑性变形,也称永久变形。

SS' ——屈服阶段。当载荷增大到 F_s 时,载荷保持不变而试样的变形继续增加,这种现象称为屈服现象。这时在拉伸曲线上出现水平线段(或锯齿形线段)。

$S'b$ ——均匀变形阶段。载荷超过 F_s 后,材料开始发生大量的塑性变形,这时要使变形量增加,载荷也必须增加,直到 b 点。此阶段试样的变形是沿着试样标距长度均匀发生的。

bz ——颈缩阶段。当载荷达到 F_b 时,试样的直径发生局部收缩,称为颈缩现象。此后,试样的变形也局限在颈缩部分。由于试样的局部截面逐渐减小,使试样变形所需要的载荷量也逐渐降低,直到 z 点发生断裂。

上述受力与变形的几个阶段,并非所有金属材料都具有的。如铸铁,在无明显塑性变形的情况下就已断裂。

3. 强度的衡量指标

根据拉伸曲线上各种特性点的外力与原截面的关系,可以测定以下金属材料的强度指标。

(1) 比例极限。材料承受外力与变形成正比时的最大应力值称为比例极限。用符号 σ_p 表示。其计算公式为

$$\sigma_p = \frac{F_p}{S_0}, \text{Pa}$$

式中 F_p ——试样受载与变形成正比时能承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样的原始横截面积, m^2 ;

σ_p ——比例极限, Pa。

(2) 弹性极限。材料在外力作用下,产生弹性形变时所能承受的最大应力称为弹性极限。用符号 σ_e 表示。其计算公式为:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}, \text{Pa}$$

式中 F_e ——材料产生弹性变形时的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

σ_e ——弹性极限, Pa。

显然比例极限 σ_p 和弹性极限 σ_e 在定义上是有所区别的,但实际上 P 、 e 两点非常接近,所以在应用时,对 σ_p 与 σ_e 通常不加严格区分。弹性极限的测定是很困难的,所以在国标中规定以残余伸长为 0.01% 的应力作为“规定弹性极限”,并以 $\sigma_{0.01}$ 表示。对精密弹簧而言,若弹

簧材料的 $\sigma_{0.01}$ 过低, 弹簧工作时就可能产生微量塑性变形。时间长了, 将导致弹簧失效。

(3) 屈服极限。材料产生屈服时的最小应力值称为屈服极限, 也叫屈服点。用符号 σ_s 表示。其计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}, \text{Pa}$$

式中 F_s ——材料产生屈服时的最小载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

σ_s ——屈服极限, Pa。

屈服点是具有屈服现象材料特有的强度指标之一, 但除了退火或热轧的低碳钢、中碳钢及某些低合金钢外, 工业上使用的金属材料, 多数是没有屈服现象的, 即无法确定材料产生塑性变形的最低应力值。国标 GB 228—63 中规定, 对这样的材料, 当试样在拉伸过程中标距部分的残余变形达到 0.2% 的应力值时, 称为条件屈服强度, 用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。条件屈服示意图见图 1-4。条件屈服强度计算公式为

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0}, \text{Pa}$$

式中 $F_{0.2}$ ——标距部分残余变形量达到 0.2% 时的载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

$\sigma_{0.2}$ ——条件屈服强度, Pa。

屈服点 σ_s 和条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 一样是表征金属材料发生微量塑性变形时的应力。材料的屈服点越高, 允许的工作应力也越高。由于工程结构件经常因过量的塑性变形而失效, 故材料的屈服强度已成为机械设计和选材的主要依据之一, 它也是评定金属材料质量的重要指标。

(4) 抗拉强度(强度极限)。材料在断裂前所能承受的最大应力值, 称为抗拉强度。用符号 σ_b 表示。计算公式为

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}, \text{Pa}$$

式中 F_b ——材料在断裂前所能承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, m^2 ;

σ_b ——强度极限, Pa。

抗拉强度的测定比较容易, 在拉伸实验时, 可由测力计刻度盘的指针位置直接读出最大载荷 F_b 。

对于脆性材料如铸铁等, 没有屈服和颈缩现象, 在产生极少量的均匀伸长之后就发生断裂, b 点与 z 点重合。断裂时的最大应力值就是强度极限。铸铁的拉伸曲线见图 1-5。

强度极限 σ_b 表示材料在拉伸条件下能承受的最大应力。显然

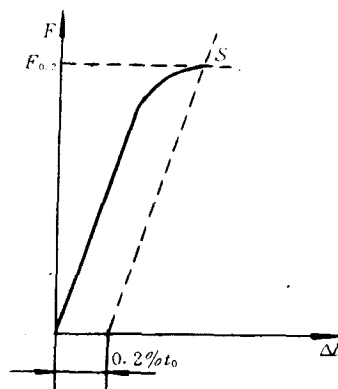


图 1-4 条件屈服强度示意图

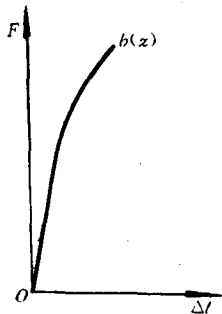


图 1-5 铸铁的拉伸曲线

机械零件工作时所能承受的拉应力不允许超过 σ_b , 否则就会发生断裂, 所以, 它也是材料最重要的强度指标之一。

工程上要求金属材料不仅具有高的屈服点 (σ_s 或 $\sigma_{0.2}$), 而且还要求其具有一定的屈强比 (σ_s/σ_b), 这个比值越小, 材料的可靠性越高, 因为材料在断裂前会出现大量的塑性变形。但这个比值过小, 则材料强度的有效利用率太低, 因此, 希望比值高些, 以节约材料。不同材料的屈强比是不同的, 例如碳素钢的屈强比在 0.6 左右, 低合金钢一般为 0.65~0.75、合金结构钢一般为 0.85 左右。碳素钢在加入某些合金元素后, 即可调整屈强比。

几种常用金属材料的机械性能见表 1-2。

表 1-2 几种常用金属材料的机械性能

材料名称或牌号	屈服极限 (MPa)	抗拉强度极限 (MPa)	伸长率(δ_s) (%)	断面收缩率 (%)
Q235A	235	375~461	25~27	
35 钢	216~314	432~530	15~20	28~45
45 钢	265~353	530~598	13~16	30~40
40Cr	343~785	588~981	8~9	30~45
QT700-2	420	700	2	
HT150		150		

二、塑性

金属材料在外力作用下, 能产生塑性变形而不被破坏的能力称为塑性。金属塑性的两项指标是伸长率和断面收缩率, 它可以通过拉伸实验测得。

1. 伸长率

试样被拉断后, 标距部分所增加的长度与标距长度的比值, 称为伸长率或延伸率。用符号 δ 表示。计算公式为

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

式中 L_1 ——试样拉断后标距的长度, m;

L_0 ——试样原始标距长度, m;

δ ——伸长率, %。

由于伸长率受试样尺寸的影响, 所以同一材料试样长短不一样时, 所测得伸长率的数值是不相等的, 因此, 长试样测得的伸长率用 δ_{10} 或 δ 来表示, 短试样测得的伸长率用 δ_5 来表示。由实验得知, 同一材料用短试样所测得的伸长率 (δ_5) 比用长试样测得的伸长率 (δ_{10}) 大 20~50% 左右。在利用伸长率比较塑性时, 只有一致采用 δ_5 或 δ_{10} 才是正确的。

2. 断面收缩率

试样被拉断后, 试样断口面积的缩减量与原截面面积的比值称为断面收缩率, 用符号 ψ 表示。计算公式为

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

式中 S_0 ——试样原始截面积, m^2 ;

S_1 ——试样拉断处的截面积, m^2 ;

Ψ ——断面收缩率, %。

断面收缩率 Ψ 与试样标距长度无关, 所以 Ψ 值比 δ 值更能准确地代表金属材料的塑性。另外, 由材料内部质量引起的塑性变化, 断面收缩率比伸长率反应更为敏感。

伸长率和断面收缩率都是材料的重要塑性指标, 其值越大, 则材料的残余变形也越大, 即材料的塑性越好。这样, 金属可以发生大量塑性变形而不被破坏, 便于通过塑性变形加工成复杂形状的零件。例如, 工业纯铁的伸长率可达 50%, 断面收缩率可达 80%, 可以拉成细丝, 轧成薄板等。而铸铁的伸长率和断面收缩率几乎为零, 所以不适宜进行上述的加工, 只能进行铸造。通常将伸长率 $\delta > 5\%$ 的材料称为塑性材料, 如铜、铝、钢材等。 $\delta < 2\% \sim 5\%$ 的称为脆性材料, 如铸铁等。

良好的塑性还能增加材料在使用时的可靠性, 这是因为在使用中万一超载, 也能由于塑性变形而使材料的强度提高, 从而避免突然断裂。

三、硬度

硬度是指金属材料抵抗其更硬物体压入表面的能力。或者说是材料对局部塑性变形的抗力。金属材料的硬度是在硬度试验机上测定, 由于硬度试验的操作简单迅速, 不必破坏工件, 它在生产中得到了广泛的应用。早已成为检查产品质量、制定合理工艺规程的重要手段之一。

硬度不是一个单纯的物理量, 而是反映弹性、强度与塑性等综合性能指标, 它也是金属材料重要的机械性能指标之一。

根据试验方法和适用范围的不同, 硬度可分为布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度、肖氏硬度等许多种。最常用的试验方法有布氏、洛氏和维氏硬度 3 种, 它们均属于压痕硬度试验方法的范畴。

1. 布氏硬度

1) 布氏硬度的测试原理

布氏硬度是以一定直径(D)的淬硬钢球或硬质合金作为压头, 在相应载荷作用下压入被测金属表面, 在保持一定时间后, 卸除载荷, 使金属表面留下一个压痕, 以压痕球形表面积 S 去除载荷 F 所得的商作为布氏硬度值, 用符号 HB 表示。见图 1-6。其计算公式为

$$\text{HB} = 0.12 \times \frac{F}{S} = 0.12 \times \frac{F}{\pi D h}, \text{N/mm}^2.$$

式中 F ——试验载荷, N;

S ——压痕球形表面积, mm^2 ;

h ——压痕深度, mm。

不过在实验测量中, 由于压痕深度 h 难于测量精确, 而压痕直径 d 的测量比较方便, 因此上式中的 h 可用 d 换算, 所以压痕球形的表面积为

$$S = \frac{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}, \text{mm}^2$$

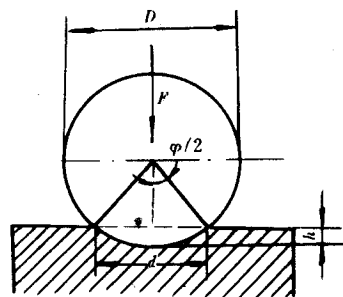


图 1-6 布氏硬度试验原理图

式中 π ——圆周率；

D ——压头的球体直径, mm；

d ——压痕直径, mm。

将式 $S = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$ 代入式 $HB = 0.12 \times \frac{F}{S}$, 即得:

$$HB = \frac{0.12 \times 2 \times F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{N/mm}^2$$

布氏硬度值 HB 的大小就是压痕单位上所承受的平均压力, 一般不标出单位。

从式 $HB = \left(\frac{0.12 \times 2 \times F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right)$ 中可以看出, 当外加载荷 F 、压头直径一定时, 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, 则硬度越低。

在实际应用中, 布氏硬度一般不用计算法求得, 而是用专门的放大镜量出压痕直径 d , 根据 d 值的大小, 再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值, 见表 1-3。

表 1-3. 压痕直径与布氏硬度对照表

压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$
2.40	653	3.02	409	3.64	278
2.42	643	3.04	404	3.66	275
2.44	632	3.06	398	3.68	272
2.46	621	3.08	393	3.70	269
2.48	611	3.10	388	3.72	266
2.50	601	3.12	383	3.74	263
2.52	592	3.14	378	3.76	260
2.54	582	3.16	373	3.78	257
2.56	573	3.18	368	3.80	255
2.58	564	3.20	363	3.82	252
2.60	555	3.22	359	3.84	249
2.62	547	3.24	354	3.86	246
2.64	538	3.26	350	3.88	244
2.66	530	3.28	345	3.90	241
2.68	522	3.30	341	3.92	239
2.70	514	3.32	337	3.94	236
2.72	507	3.34	333	3.96	234
2.74	499	3.36	329	3.98	231
2.76	492	3.38	325	4.00	229
2.78	485	3.40	321	4.02	226

续表

压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$
2.80	477	3.42	317	4.04	224
2.82	471	3.44	313	4.06	222
2.84	464	3.46	309	4.08	219
2.86	457	3.48	306	4.10	217
2.88	451	3.50	302	4.12	215
2.90	444	3.52	298	4.14	213
2.92	438	3.54	295	4.16	211
2.94	432	3.56	292	4.18	209
2.96	426	3.58	288	4.20	207
2.98	420	3.60	285	4.22	204
3.00	415	3.62	282	4.24	202
4.26	200	4.88	150	5.50	116
4.28	198	4.90	149	5.52	115
4.30	197	4.92	148	5.54	114
4.32	195	4.94	146	5.56	113
4.34	193	4.96	145	5.58	112
4.36	191	4.98	144	5.60	111
4.38	189	5.00	143	5.62	110
4.40	187	5.02	141	5.64	110
4.42	185	5.04	140	5.66	109
4.44	184	5.06	139	5.68	108
4.46	182	5.08	138	5.70	107
4.48	180	5.10	137	5.72	106
4.50	179	5.12	135	5.74	105
4.52	177	5.14	134	5.76	105
4.54	175	5.16	133	5.78	104
4.56	174	5.18	132	5.80	103
4.58	172	5.20	131	5.82	102
4.60	170	5.22	130	5.84	101
4.62	169	5.24	129	5.80	101
4.64	167	5.26	128	5.88	99.9
4.66	166	5.28	127	5.90	99.2
4.68	164	5.30	126	5.92	98.4
4.70	163	5.32	125	5.94	97.7

续表

压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$	压痕直径, d mm	HBS 或 HBW $D=10\text{mm}$ $F=29.42\text{kN}(3000\text{kgf})$
4.72	161	5.34	124	5.96	96.9
4.74	160	5.36	123	5.98	96.2
4.76	158	5.38	122	6.00	95.5
4.78	157	5.40	121		
4.80	156	5.42	120		
4.82	154	5.44	119		
4.84	153	5.46	118		
4.86	152	5.48	117		

2) 布氏硬度的符号及表示方法

布氏硬度的符号用 HBS 或 HBW 表示。当试验的压头为淬火钢球时,其硬度符号用 HBS 表示,通常适用于测定布氏硬度值为 450 以下的材料。当试验压头为硬质合金时,其硬度符号用 HBW 表示。

布氏硬度表示方法,规定符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面按以下顺序用数字表示试验条件:

- (1) 压头球体直径;
- (2) 试验载荷;
- (3) 试验载荷保持的时间(10~15s 不标出)。

例如:170HBS10/1000/30 表示用直径 10mm 的钢球,在 9807N 的试验载荷作用下,保持 30s 时测得的布氏硬度值为 170;

530HBW5/750 表示用直径 5mm 的硬质合金球,在 7355N 的试验载荷作用下,保持 10~15s 时测得的布氏硬度值为 530。

3) 试验条件选择

布氏硬度试验时,压头直径(D)、试验载荷(F)及载荷保持的时间(t),应根据被试验金属材料的种类、硬度值的范围及厚度进行选择。

常用的压头直径有 2.5、5、10mm 三种。试验载荷可根据 F/D^2 的值加以确实(不同种类的材料布氏硬度试验规程见表 1-4)。载荷保持的时间,一般黑色金属为 10~15s,有色金属为 30s,布氏硬度值小于 35 时为 60s。

4) 优缺点

布氏硬度压痕较大,不受材料表面微小不均匀度的影响,因而测得的硬度值较准确,并且布氏硬度值和抗拉强度之间有一定关系,因此可按布氏硬度值近似确定金属材料的抗拉强度。黑色金属硬度及强度换算表见附表 1。

压痕较大,不适宜测量成品及薄片材料。

布氏硬度一般是采用的淬硬钢球,如果被测金属硬度过高,将会使钢球变形,影响硬度