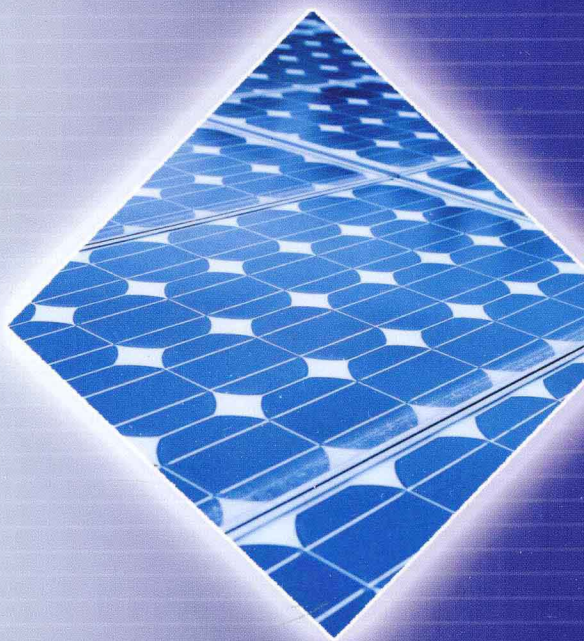




全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

工程材料及 热成形技术基础

主 编 司乃钧 舒 庆



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教育科学“十一五”规划课题

工程材料及 热成形技术基础

Gongcheng Cailiao ji Rechengxing Jishu Jichu

主 编	司乃钧	舒 庆	
副主编	杨树财	杨利民	
参 编	姜 宇	张玉华	李大勇
主 审	邢忠文	许小村	



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是根据教育部制订的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写的,是全国教育科学“十一五”规划课题研究成果。

本书包括“机械工程材料”和“热成形技术基础”两部分,主要内容有:金属材料的性能、金属的结构与结晶、金属的塑性变形、钢的热处理、金属材料、非金属材料及其制品成形、铸造、塑性加工、焊接与胶接、工程材料与机械零件毛坯的选用等。

本书可作为高等学校本科机械类和近机类专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热成形技术基础 / 司乃钢, 舒庆主编.
--北京:高等教育出版社, 2014.3
ISBN 978-7-04-039264-7

I. ①工… II. ①司 ②舒… III. ①工程材料 - 热成型 - 工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013110 号

策划编辑 卢 广

责任编辑 卢 广

封面设计 丁 涛

版式设计 王 莹

插图绘制 尹 莉

责任校对 刘 莉

责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京机工印刷厂
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 24.5
字 数 450 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
版 次 2014 年 3 月第 1 版
印 次 2014 年 3 月第 1 次印刷
定 价 38.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 39264-00

前 言

本书是根据教育部制订的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写的,是全国教育科学“十一五”规划课题研究成果。

工程材料及热成形技术基础是高等学校本科机械类和近机类专业重要的必修技术(专业)基础课,其教学目的和任务是使学生获得常用机械工程材料和热成形技术的基本理论、知识、技能,具有工艺分析的初步能力,为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作奠定必要的基础。

本书力求体现以下特点:

1. 教材体系完整、内容充实、结构合理、侧重应用,力求做到重点突出、少而精,易于讲授和自学。
2. 强调理论联系实际,注重强化应用能力和技术创新精神。
3. 精简有关理论,删减部分传统内容,充实新材料、新技术和新工艺等内容。
4. 本书名词、术语、牌号、型号和物理量等均采用最新国家标准。

本课程实践性很强,学习前学生应有一定感性知识,因此应在工程训练(或金工实习)后进行讲授。学生通过工程训练或实习,熟悉了各种主要热成形方法的操作过程、所用设备和工具的基本原理和基本结构,并对毛坯和零件的材料、加工工艺过程有了一定的了解,在此基础上学习本教材才能达到预期的教学目的和要求。

本书带*号的内容属于选学或自学的内容。

本书由哈尔滨理工大学司乃钧教授、舒庆教授任主编,杨树财教授、杨利民高级工程师任副主编。参加编写的有舒庆(绪论、第一、四、五章)、李大勇(第二章)、姜宇(第八章)、杨利民(第六、十章)、杨树财(第七章)、司乃钧(第三章)、张玉华(第九章)。司乃钧、舒庆对全书文稿、图表进行了统稿、补充、调整和修改。

本书由哈尔滨工业大学邢忠文教授、哈尔滨理工大学许小村教授主审。哈尔滨工业大学陈鸿勋教授对本书提出了很好的修改意见,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年10月于哈尔滨

目 录

绪论	1
第一章 金属材料的性能	5
第一节 金属材料的力学性能	5
第二节 金属材料的物理与化学性能	11
习题	13
第二章 金属的结构与结晶	14
第一节 金属的晶体结构	14
第二节 纯金属的结晶与同素异构转变	21
第三节 合金的结晶与相图	24
第四节 铁碳合金相图	30
习题	38
第三章 金属的塑性变形	40
第一节 金属的塑性变形机理	40
第二节 塑性变形对金属组织与性能的影响	43
第三节 金属的再结晶	45
第四节 金属的热塑性加工	47
习题	49
第四章 钢的热处理	50
第一节 钢在加热时的组织转变	51
第二节 钢在冷却时的组织转变	53
第三节 钢的退火与正火	57
第四节 钢的淬火	60
第五节 钢的回火	63
第六节 钢的淬透性	65
第七节 钢的表面淬火	69

第八节 钢的化学热处理	70
习题	73
第五章 金属材料	75
第一节 钢的分类与编号	75
第二节 钢中常存杂质与合金元素	78
第三节 结构钢	83
第四节 工具钢	92
第五节 特殊性能钢	97
第六节 铸铁	99
第七节 有色金属及其合金	112
习题	128
第六章 非金属材料及其制品成形	129
第一节 高分子材料	129
第二节 陶瓷材料	147
第三节 复合材料	152
* 第四节 新型材料简介	162
习题	166
第七章 铸造	168
第一节 金属的铸造性能	169
第二节 砂型铸造	178
第三节 常用合金铸件生产	196
第四节 铸件质量与技术检验	204
第五节 铸件结构设计	209
第六节 特种铸造	219
第七节 铸造方法的选择	232
习题	232
第八章 塑性加工	235
第一节 金属的锻压性能	236
第二节 自由锻	239
第三节 模锻	252
第四节 特种模锻简介	268

第五节 锻件质量与技术检验	270
第六节 板料冲压	273
第七节 轧制、挤压与拉拔	288
习题	295
第九章 焊接与胶接	299
第一节 熔焊	299
第二节 压焊与钎焊	326
第三节 堆焊、热喷涂与热切割	331
第四节 常用金属材料的焊接	335
第五节 焊接结构设计	339
第六节 胶接技术	349
习题	355
第十章 工程材料与机械零件毛坯的选用	358
第一节 零件的失效	358
第二节 选择材料和毛坯的原则、方法和步骤	359
第三节 典型零件材料与毛坯的选用	368
第四节 综合示例	377
习题	379
主要参考文献	381

绪 论

材料是人类生产、生活的物质基础。材料的使用标志着人类社会的发展水平。历史学家以材料的使用来划分时代,如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。而今,人类已迈进人工合成材料的新时代。当今社会,能源、信息和材料成为现代技术的三大支柱,而能源和信息技术的发展也依托于材料技术。因此,材料及其成形技术的发展与社会文明进步有着密切的关系。

材料应用与材料成形是机械制造的重要组成部分。材料的应用与成形紧密相关,就机械制造业而言,其生产过程就是将原材料加工成为产品的过程。而不同的产品,则应选择相应的材料,采用与之相适应的成形方法及加工过程。

一、机械零件的成形过程

任何机器和设备,大到飞机、船舶、火车机车、大型发电机组,小到微电子产品、仪器仪表等,都是由许多零件组成的。这些机械中的零件无一例外的都是由一定的材料加工获得,所采用的材料是金属或是非金属或是由两者组合构成。对于金属机械零件,传统的生产过程一般是先根据使用性能要求合理选择材料,然后采用铸造、塑性加工或焊接等成形工艺方法将材料制成零件或毛坯,再经切削加工和热处理制成尺寸和性能符合技术要求的零件,最后将零件装配成为机器。

二、工程材料及成形技术的发展历程

人类最早使用的是石、木、竹、骨、皮、毛等天然材料,经过简单的加工作为生活、生产的器物,史称石器时代。大约在 50 万年前,人类学会了使用火,结束了茹毛饮血的生活,开始走向文明。公元前 6000 年左右,我们的祖先用火烧制陶器,这是人类第一次创造发明自然界没有的具有全新性能的材料,是人类进入新石器时代的重要标志。在烧制陶器的过程中,偶然发现铜和锡,生产出色泽鲜艳、又能浇注成形的青铜,从而使人类进入青铜器时代。我国青铜的冶炼在夏朝(公元前 2140 年始)前开始,晚于古埃及、古希腊和西亚,但发展很快,到殷、西周时期已经发展到较高水平,对提高社会生产力起了划时代的作用。青铜主要用于制造各种工具、食器、礼器、兵器,如河南安阳晚商遗址出土的后母戊大方鼎(如图 0-1 所示,亦称司母戊大方鼎),重达 832 kg,外形尺寸 $1.33\text{ m} \times 0.78\text{ m} \times 1.10\text{ m}$,是迄今世界上最古老的大型青铜器。湖北江陵楚墓出土的越王勾践的

宝剑,保存完好,基本没有锈蚀,至今锋利异常。湖北隋县出土的战国编钟、西安秦皇陵出土的铜车马以及四川广汉三星堆遗址出土的大量青铜器,这些都是我国古代青铜文明的杰出代表。

公元前 1300—公元前 1400 年前,人类开始进入铁器时代。我国春秋战国时期发明了生铁冶炼技术,用铁液浇铸成农具、工具,开始使用铁器。到西汉时期,采用煤作为炼铁的燃料,这要比欧洲早 1 700 多年。我国古代的大型铸铁文物有:河北沧州铁狮,身长 6.8 m,宽 3 m,高 5.4 m,重 40 t,五代后周广顺三年(公元 953 年)铸造;湖北当阳铁塔,塔身 13 层,宋朝嘉祐六年铸造。

我国在 1 800 年前就出现了至今仍在使用的“先炼铁,后炼钢”的两步法炼钢技术,比其他国家早 1 600 多年,但由于工艺复杂,未能大面积推广。

随着人类文明的进步,18 世纪发明了蒸汽机,19 世纪发明了电动机,对金属材料提出了更高的要求。1854 年和 1864 年先后发明了转炉和平炉炼钢技术,使世界钢产量有一个飞速发展,同时大大促进了机械制造、铁道交通及纺织工业的发展。随着使用电炉炼钢,不同类型的特殊钢相继问世,如 1887 年的高锰钢、1900 年的高速钢(W18Cr4V)、1903 年的硅钢及 1910 年的奥氏体铬镍不锈钢,把人类带入现代文明。在此前后,铝、铜也得到大量应用,而后是镁、钛和许多稀有金属的应用,从而使金属材料成为 20 世纪结构材料的主导。

随着有机化学的发展,19 世纪末西方科学家发明了人造丝。20 世纪初,人工合成有机高分子材料相继问世,如 1909 年的酚醛树脂(电木)、1920 年的聚苯乙烯、1931 年的聚氯乙烯及 1941 年的尼龙等,以其性能优异、资源丰富而得到迅速发展。到 20 世纪 70 年代,全世界生产的高分子材料和钢产量的体积已经相等,高分子材料已经在机械、仪器仪表、汽车工业中得到广泛应用。

陶瓷是人类应用最早的固体材料,陶瓷原本用来制作容器、建筑材料、装饰品等。20 世纪中叶,人们利用其资源丰富、高硬度、高弹性模量、耐腐蚀、耐高温、耐磨等特点,通过合成及其他制备方法,做出各种类型的先进陶瓷制品,如光导纤维、激光晶体等,成为近几十年来材料中非常活跃的研究领域。

复合材料是 20 世纪后期发展的另一类材料。众所周知,天然材料很多是复合材料,如木材、皮革、竹子等。事实上,人类很早就应用了复合材料,如泥巴中混入碎麻或麦秸以建造房屋,钢筋水泥是韧性材料和脆性材料的复合。随着航空、航天、电子、通信等技术以及机械、化工、能源等工业的发展,对材料的性能提出了越来越高的要求,复合材料的研究和应用越来越受到重视,玻璃纤维树脂复

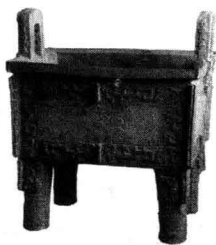


图 0-1 青铜器之冠——
后母戊大方鼎

合材料(玻璃钢)、碳纤维树脂复合材料已应用于宇航和航空工业中。进入 21 世纪,复合材料有了更大的发展空间,有人预言,21 世纪复合材料的重要性就像 20 世纪金属材料一样。

三、工程材料的分类

工程材料有各种不同的分类方法,按用途可分为两大类——结构材料和功能材料。结构材料是指工程上要求具有一定强度、韧性、塑性等力学性能的材料,主要用来制作工程结构件和零件。功能材料是指具有电、光、声、磁、热等功能和效应的材料。本书主要介绍工程材料中的结构材料。一般都将工程材料中的结构材料分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料等四大类。陶瓷材料和高分子材料也称非金属材料。

1. 金属材料

金属材料是最重要的工程材料,包括纯金属和以纯金属为基的合金,其原子间的结合键基本上为金属键,是金属晶体材料。

金属材料分为黑色金属和有色金属。

(1) 黑色金属 铁和以铁为基的合金(钢、铸铁、铁合金)。

(2) 有色金属 非铁金属材料及其合金,包括黑色金属以外的所有金属及其合金。

金属材料中应用最广泛的是黑色金属。铁基合金材料占整个金属结构材料和工具材料的 90% 以上。黑色金属的工程性能比较优越,价格也比较便宜,是最重要的工程金属材料。

按性能特点,有色金属又可分为轻金属、易熔金属、难熔金属、贵金属、铀金属、稀土金属和碱土金属,是重要的特殊用途材料。

2. 陶瓷材料

陶瓷材料属于无机非金属材料。无机非金属材料是指不含氢氧结合的化合物,主要是金属氧化物和金属非氧化物。由于大部分无机非金属材料含硅和其他元素的化合物,所以又通称为硅酸盐材料,一般包括无机玻璃(硅酸盐玻璃)、玻璃陶瓷(或称微晶玻璃)和陶瓷等三类。作为结构和工具材料,工程上应用最广的是陶瓷。工业陶瓷材料可分为:

(1) 普通陶瓷 又称为传统陶瓷,主要为硅、铝氧化物的硅酸盐材料;

(2) 特种陶瓷 又称为近代陶瓷,主要为纯氧化物、碳化物、氮化物、硅化物等的烧结材料;

(3) 金属陶瓷 主要是指用陶瓷生产方法制取的金属与碳化物或其他化合物的粉末制品。

3. 高分子材料

高分子材料主要指有机合成材料。高分子材料又称聚合物,按其分子链排列有序与否,可以分成结晶聚合物和无定形聚合物两种。通常根据力学性能和使用状态分为:

(1) 塑料 主要指强度、韧性和耐磨性较好的可制造机器零件或构件的材料,分热塑性塑料和热固性塑料两种。

(2) 橡胶 主要指经过硫化处理,弹性特别优良的聚合物,有通用橡胶和特种橡胶两种。

(3) 合成纤维 指强度很高的由单体聚合而成的聚合物,通过机械处理所获得的纤维状的纺织材料。

除此以外还有合成胶粘剂和涂料等。

4. 复合材料

复合材料就是由两种或两种以上材料构成的组合材料,不但具有各组成材料的优点,还具有它的组成材料所不具备的优良性能,在强度、刚度和耐蚀性方面,比单纯的金属、陶瓷和聚合物都优越。

四、工程材料的成形方法

机械零件的成形方法主要有热成形与冷成形两种方法,热成形主要包括铸造、热塑性加工、焊接等;冷成形主要指切削加工和冷冲压。

第一章 金属材料的性能

工程材料是指在工程中用于制造工程构件、机械零件、工具的材料,也包括具有特殊性能的材料,主要用于机械、车辆、船舶、建筑、化工、能源、仪器仪表、航空航天等领域。工程材料的性能包括使用性能和工艺性能,工程材料的选用首先要满足使用性能要求。使用性能是材料在使用条件下表现出来的性能,如力学(或机械)性能、物理性能和化学性能等;工艺性能则是材料在加工过程中表现出的性能,如切削加工性能、铸造性能、塑性成形性能、焊接性能、热处理性能等。

第一节 金属材料的力学性能

工程构件在使用过程中最主要的功能是传递各种力和能。因此,在进行设计、选材和工艺评定时,工程上最关心的是材料受力时的行为,即材料的力学性能。

材料受外力作用时,一般会出现彼此关联的三个过程:弹性变形、塑性变形和断裂。材料所能表现出来的力学性能主要是弹性、刚度、强度、塑性、硬度、冲击韧度及疲劳强度等。

一、弹性、刚度、强度和塑性

材料的弹性、刚度、强度和塑性是通过拉伸试验测得的,依据国家标准GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》进行。试验时,将标准拉伸试样(图1-1a)安装在拉伸试验机上对其两端施加轴向静拉力 F ,随 F 增加,试样产生变形,直至断裂。若以试样所受试验力 F 为纵坐标,试样伸长量 ΔL 为横坐标,将拉力与伸长量绘成曲线,可得拉伸图,如图1-1b所示。

当金属材料受外力作用时,其内部产生与外力相平衡的内力。材料单位截面上的内力称为应力。拉伸试验期间,应力为任一时刻的试验力与试样原始横截面积之商。

从图1-1可知,当试验力小于1点时,试验力和变形量成正比。当试验力卸除后,试样恢复到原来的形状和尺寸,此阶段的变形为弹性变形。当试验力超过1点时,试样在产生弹性变形的同时,开始产生塑性变形。当试验力增加到2点时,拉伸图上出现一个小平台(或锯齿形线段),这表明在试验力不增加的情

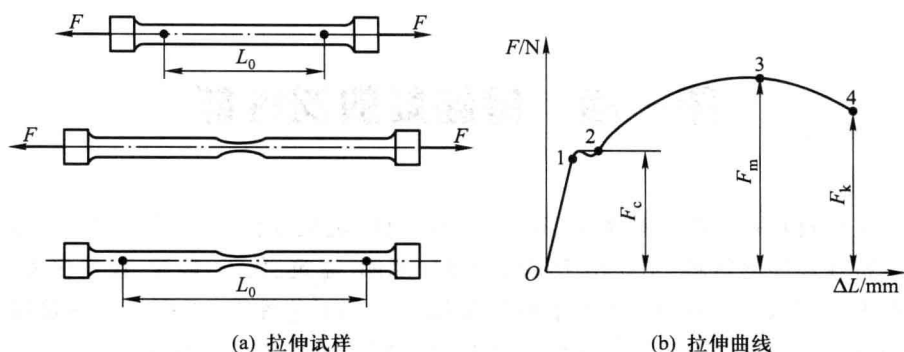


图 1-1 拉伸试样与拉伸图

况下,试样仍继续伸长,这种现象称为屈服。屈服后,随试验力的增加,金属开始产生明显的塑性变形,当试验力增加到 3 点时,变形集中发生在试样的某一位上,该部位的截面急剧缩小,出现了“缩颈”。由于截面减小,使继续变形所需试验力也随之下落,直至 4 点时,试样在“缩颈”处断裂。

通过拉伸图可确定以下性能:

(1) 弹性

材料受外力作用时产生变形,当外力去掉后能恢复其原来形状的性能,称为弹性。材料产生弹性变形时所能承受的最大应力称为弹性极限。

(2) 刚度

材料在受力时抵抗弹性变形的能力称为刚度。在弹性范围内,应力与应变的比值称为弹性模量,相当于引起单位变形时所需要的应力,用符号 E 表示。弹性模量愈大,表示在一定应力作用下能发生的弹性变形愈小,也就是刚度愈大。

弹性模量的大小主要取决于材料本身,同一类材料中弹性模量的差别不大,例如钢和铸铁的弹性模量基本一样。钢可通过热处理来改变组织,使强度和硬度发生很大的变化,但是弹性模量不会发生明显的变化。所以弹性模量被认为是材料最稳定的性质之一。

(3) 强度

强度是指材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。根据外力性质不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。在工程上常见的强度指标是屈服强度和抗拉强度。

屈服强度就是材料发生屈服现象时的屈服极限,即达到微量塑性变形发生而应力不增加的点,分为上屈服强度和下屈服强度。上屈服强度(R_{eH})为材料发生屈服而力首次下降时的最大应力;下屈服强度为(R_{eL})为在屈服期间,不计初始瞬时效应时的最小应力。有些材料(如铸铁)没有明显的屈服现象(图

1-2), 则用规定残余延伸强度来表示, 即卸除应力后残余伸长率等于规定的原始标距 L_0 或引伸计标距 L_e 百分率时对应的应力值。例如 $R_{e0.2}$ 为规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

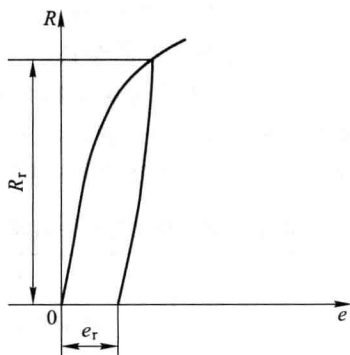


图 1-2 铸铁拉伸的应力-应变曲线

抗拉强度就是材料在拉断前所能承受的最大应力, 以 R_m (Mpa) 表示。

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中: F_m ——试样在拉断前的最大拉力, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

材料不能在超过其屈服强度下工作, 否则会引起材料的塑性变形, 材料也不能在超过其抗拉强度下工作, 否则会导致材料的破坏。

(4) 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形而不被破坏的能力, 通常用断后伸长率和断面收缩率表示。

1) 断后伸长率

断后伸长率是指试样被拉断后原始标距的伸长量与原始标距的百分比, 用符号 A 表示

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: L_0 ——试样原始标距, mm;

L_u ——试样断后标距, mm。

2) 断面收缩率

断面收缩率是指试样被拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 Z 表示

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_u ——试样被拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

材料的伸长率和断面收缩率数值越大, 表示材料的塑性越好。塑性好的材料可以发生大量塑性变形而不破坏, 便于材料的塑性加工。同时, 为防止零件在超载时发生突然断裂, 也要求材料具有良好的塑性。

目前还有很多手册和各工厂所使用的金属材料力学性能数据是按照国家标准 GB/T 228—1987 测定和标注的, 本书为方便读者阅读, 列出了新旧标准关于金属材料强度和塑性有关指标的名词术语及符号对照表, 见表 1-1。

表 1-1 新旧标准金属材料强度与塑性名词及符号对照

GB/T 228. 1—2010		GB/T 228—1987	
名词术语	符号	名词术语	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ
断后伸长率	A 和 $A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
屈服强度	—	屈服强度	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定残余延伸强度	R_r , 如 $R_{r0.2}$	规定残余延伸应力	σ_r , 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b

二、硬度

硬度是指材料抵抗比它更硬物体压入表面的能力, 即抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。工程上材料的硬度值是通过硬度试验测得的, 常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验方法由 GB/T 231. 1—2009 规定, 试验原理如图 1-3 所示。用一定直径的硬质合金球做压头, 以相应的试验力压入被测材料的表面, 保持规定时间后卸去试验力, 试样表面上留有一个压痕。

布氏硬度值即为压痕单位表面积上所承受试验力的大小, 用符号 HBW 表示

$$\text{HBW} = \text{常数} \times \frac{\text{试验力}}{\text{压痕表面积}} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-3)$$

式中: F ——试验力, N;

D ——硬质合金球直径, mm;

d ——压痕直径, mm。

布氏硬度值可通过测 d 的数值按公式求出;也可根据 d 的数值查布氏硬度表得到。布氏硬度习惯上不标单位。例如布氏硬度为 200 HBW10/1000/30, 表示用直径为 10 mm 硬质合金球, 在 9 800 N (1 000 kgf) 的试验力下保持 30 s 时测得布氏硬度值为 200, 可简单记为 200 HBW, 或 200 HB。

需要说明的是, 由于标准修订不同步, 其他标准仍按照旧标准的试验方法采用 HBS (淬火钢球做压头) 表示布氏硬度, 因此本书也延用 HBS 作为布氏硬度的一种标度。

由于布氏硬度试验的压痕面积较大, 不受微小不均匀硬度的影响, 因此数据稳定、重复性好, 但压痕大, 不适宜测试成品零件和薄件。主要用于测量硬度值小于 650 的铸铁、有色金属、退火钢、正火、调质钢等材料。

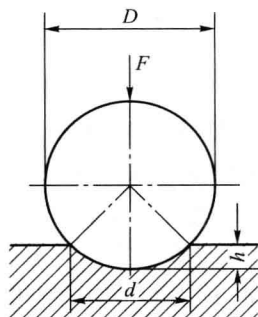


图 1-3 布氏硬度试验原理

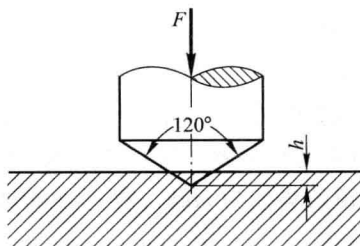


图 1-4 洛氏硬度试验原理

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验方法由 GB/T 230.1—2009 规定, 试验原理如图 1-4 所示。用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.587 5 mm 淬火钢球或硬质合金球做压头, 在一定试验力作用下压入被测材料表面, 形成压痕。洛氏硬度是用压头压入的压痕深度表示被测材料的硬度值, 用符号 HR 表示。洛氏硬度值可直接从硬度计的表盘上读出。

根据所用压头和试验力的不同, 常用的洛氏硬度有 HRA、HRB、HRC 三种, 其试验条件和应用范围见表 1-2, 其中以 HRC 应用最广泛。如洛氏硬度 62HRC, 表示用金刚石圆锥压头, 总试验力为 140kgf 测得的洛氏硬度值为 62。

表 1-2 三种洛氏硬度的试验条件和应用范围

标尺	压头类型	初试验力 /N (kgf)	主试验力 /N (kgf)	测量有效 范围	应用举例
A	顶角 120° 的金刚石圆锥	98.07 (10)	490.3 (50)	20 ~ 88	硬质合金或表面淬火钢等
B	直径 $\phi 1.5875$ mm 的钢球		882.6 (90)	20 ~ 100	退火钢、灰铸铁、有色金属等
C	顶角 120° 的金刚石圆锥		1 373 (140)	20 ~ 70	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度可以用于测试硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面,故在钢件热处理质量检查和成品件的检查中应用最多。但由于压痕小,硬度值的代表性差些,如果组织中有不均匀情况,则重复性也差。

材料的硬度还可用维氏硬度试验方法和显微硬度试验方法测定。维氏硬度用 HV 表示。

三、冲击韧性

韧性是指材料在冲击外力作用下吸收能量的能力,韧性常用冲击韧性来表示。现在常用一次摆锤冲击试验来测定材料的冲击韧性,试验方法如图 1-5 所示。试验时将试样缺口背向摆锤冲击方向放在试验机支座上,摆锤举至 h_0 高度,具有势能 mgh_0 ,然后使摆锤自由落下冲断试样,试样断后摆锤升至高度 h ,此时摆锤的势能为 mgh 。摆锤冲断试样所消耗的能量,称为冲击吸收能量 K ,单位为 J。

$$K = mg(h_0 - h) \quad (1-4)$$

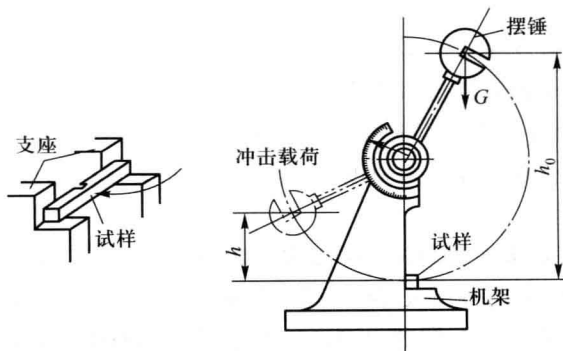


图 1-5 摆锤冲击试验