

高职高专教材

Gongcheng Cailiao yu Chengxing Gongyi

工程材料与成形工艺

冀秀焕 唐建生 主编

武汉理工大学出版社

高职高专教材

工程材料与成形工艺

主编	冀秀焕	唐建生	
参编	徐荣政	丁延松	杨雪玲
	朱成俊	蔡丽霞	康一
主审	王富山		

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内容简介

根据教育部高职高专教育工程材料与成形工艺基础课程教学基本要求,本教材注重科学性、实践性、应用性、创新性,系统地介绍了材料科学的基本知识和材料成形工艺。全书共分12章,主要内容包括绪论、工程材料的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、钢铁材料、铸铁、有色金属及粉末冶金材料、非金属材料及其成形、铸造成形、锻压成形、焊接、材料及成形工艺的选择。本书可作为机械类专业、近机类专业或成人教育用教材,亦可供生产部门工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与成形工艺/冀秀焕,唐建生主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2007.2
ISBN 978-7-5629-2520-0

I. 工… II. ①冀… ②唐… III. 工程材料-成型-工艺-高等学校:技术学校-教材
IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 023204 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路122号 邮编:430070)

<http://www.techbook.com.cn>

印刷者:荆州市鸿盛印务有限公司

经销者:各地新华书店

开本:787×1092 1/16

印张:18.75

字数:468千字

版次:2007年2月第1版

印次:2007年2月第1次印刷

印数:1—3000册

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

前 言

在编写本书时,我们从高职教育的实际出发,结合近年来教学改革的成果,注重科学性、实践性、应用性、创新性,做到基本概念清晰,基本理论够用,强化实际应用,每章都有小结和复习思考题,对基本要求的还附有实验内容,强化理论性与实践性,达到学以致用目的。

教材共分5部分,第1章为材料的性能,第2、3章为金属学基础,包括金属的晶体结构与结晶、铁碳相图,使读者建立材料成分-组织结构-力学性能这三者之间的关系。第4章钢的热处理,主要介绍钢的改性、强化和表面处理技术。第5、6、7章主要介绍工业用钢、铸铁、有色金属及其合金,介绍了各种常用金属材料的成分、结构、性能特点及机械零件和在兵器装备上的应用,同时介绍了新材料、新工艺、新技术的应用与发展方向。第8章为非金属材料及其成形,主要介绍高分子材料、陶瓷材料及复合材料的组成、分类及其在兵器装备上的应用及成形。第9、10、11章介绍材料的成形方法(铸造、锻压、焊接),包括一般成形和少切削或无切削的精密成形方法。第12章为材料和成形工艺的选择,介绍了零件失效的形式和原因,材料和成形选择的原则和方法,并对典型的盘类、轴类和箱体类零件的材料和成形方法进行了选择。目的是让学生既有一定的理论性,又有较强的综合性,并针对高等职业教育的特点,在内容上加强了应用性,培养分析问题、解决问题的能力,突出创新意识。

本书由河南工业职业技术学院冀秀焕副教授、唐建生副教授担任主编。参加编写的人员有:冀秀焕(绪论,第1、6章),唐建生(第3、4、5章),徐荣政、蔡丽霞(第11章),丁延松(第9、10章),朱成俊(第7章),杨雪玲(第12章),青岛科技大学康一(第2、8章)。

全书由王富山教授担任主审。康保平副教授对全书的文字进行了修改,本书的部分图片得到了山东省冶金研究所及裴帮富同志的帮助,第7、8章参考了网上部分内容,参考了凌爱林主编的《金属工艺学》教材,在此深表谢意。在本书的编写过程中,参考了大量的资料、文献和图片,在此,对原作者表示深切的谢意。

由于时间短,作者水平有限,可能存在错误和缺陷,欢迎读者批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

绪论	(1)
1 工程材料的性能	(3)
1.1 强度	(4)
1.2 塑性的主要指标	(5)
1.3 硬度	(6)
1.4 冲击吸收功	(8)
1.5 金属材料的硬度实验	(9)
本章小结	(13)
习题与思考题	(13)
2 金属的晶体结构与结晶	(14)
2.1 金属的晶体结构	(14)
2.2 金属的实际晶体结构	(15)
2.3 合金的晶体结构	(17)
2.4 金属的结晶	(19)
2.5 合金的晶体结构与结晶	(20)
本章小结	(21)
习题与思考题	(21)
3 铁碳合金	(22)
3.1 铁碳合金的基本组织	(22)
3.2 铁碳合金相图	(23)
3.3 铁碳合金成分、组织与性能之间的关系	(29)
3.4 Fe-Fe ₃ C 相图的主要应用	(30)
3.5 铁碳合金平衡组织观察实验	(31)
本章小结	(36)
习题与思考题	(37)
4 钢的热处理	(38)
4.1 钢的热处理原理	(38)
4.2 钢的退火与正火	(46)
4.3 钢的淬火与回火	(48)
4.4 钢的表面热处理	(54)
4.5 钢的化学热处理	(55)
4.6 钢的热处理新工艺简介	(58)
4.7 热处理新技术和表面强化处理新技术简介	(59)
4.8 非合金钢的热处理实验	(65)

4.9	非合金钢热处理后的显微组织观察	(68)
	本章小结	(70)
	习题与思考题	(70)
5	钢铁材料	(72)
5.1	钢铁材料的生产	(72)
5.2	钢中常存杂质元素对钢性能的影响	(73)
5.3	合金元素在钢中的作用	(74)
5.4	钢的分类	(78)
5.5	钢的编号方法	(79)
5.6	非合金钢	(81)
5.7	低合金钢	(84)
5.8	合金结构钢	(86)
5.9	合金工具钢	(96)
5.10	高速工具钢	(105)
5.11	特殊性能钢	(108)
	本章小结	(115)
	习题与思考题	(116)
6	铸铁	(117)
6.1	铸铁的基本知识	(117)
6.2	常用铸铁	(119)
6.3	合金铸铁	(126)
	本章小结	(128)
	习题与思考题	(128)
7	有色金属及粉末冶金材料	(129)
7.1	铝及其合金	(129)
7.2	铜及其合金	(135)
7.3	钛及其合金	(141)
7.4	滑动轴承合金	(144)
7.5	粉末冶金材料	(147)
	本章小结	(151)
	习题与思考题	(152)
8	非金属材料及其成形	(154)
8.1	高分子材料及其成形	(154)
8.2	陶瓷材料及成形	(161)
8.3	复合材料及其成形	(166)
	本章小结	(171)
	习题与思考题	(172)
9	铸造成形	(173)
9.1	铸造概述	(173)

9.2	砂型铸造	(174)
9.3	铸造工艺图	(180)
9.4	铸件的结构工艺性	(187)
9.5	特种铸造	(192)
9.6	铸造成形新技术	(199)
	本章小结	(200)
	习题与思考题	(201)
10	锻压成形	(202)
10.1	锻压概述	(202)
10.2	自由锻	(208)
10.3	模锻	(215)
10.4	板料冲压	(224)
10.5	塑性加工成形新技术	(229)
	本章小结	(232)
	习题与思考题	(233)
11	焊接	(234)
11.1	焊接基本原理	(235)
11.2	焊条电弧焊	(239)
11.3	其他焊接方法	(244)
11.4	常用金属材料的焊接	(254)
11.5	焊接结构设计	(260)
	本章小结	(266)
	习题与思考题	(267)
12	材料及成形工艺的选择	(268)
12.1	机械零件的失效分析	(268)
12.2	材料及成形工艺选择原则	(271)
12.3	材料及成形工艺选择方法	(274)
12.4	典型零件的材料及成形工艺选择	(278)
	本章小结	(289)
	习题与思考题	(290)
	参考文献	(291)

绪 论

1) 工程材料与成形工艺在制造业中的作用

工程材料是指制造工程结构所用的材料,它包括金属材料和非金属材料。金属材料是最重要的工程材料,它包括黑色金属(通常指钢铁材料等)和有色金属材料(指除钢铁材料以外的所有金属材料,如铜及铜合金,铝及铝合金等),90%以上的结构件和工具都是金属材料制作的;非金属材料是指除金属材料以外的材料。机械工业生产常用的高分子材料、陶瓷材料和复合材料,非金属材料发展迅速,特别是合成高分子材料的产量,每年增长率高达14%,已成为重要的工程材料。材料是人类社会发展的重要物质基础,也是科技进步的重要标志。人类社会是以材料的生产和使用作为文明进步的尺度来划分社会发展阶段的,如石器、陶器、青铜器、铁器时代以及正在进入的人工合成材料的新时代。如今,材料、能源、信息和生物工程已成为发展现代化生产的四大支柱,而材料又是能源、信息和生物发展的物质基础。材料工业的发展水平是衡量一个国家经济实力与技术水平的重要标志,也是一个国家国防力量最重要的物质基础。新材料及其成形技术的发展又推动了传统产业的技术进步和产业结构调整,同时国防工业往往是新材料技术成果的优先使用者,新材料技术的研究和开发对国防工业和武器装备的发展起着决定性的作用。

现代工业装备向着高速、自动、精密等方向发展,材料更有着不可替代的作用。各种材料的性能好坏直接影响到产品的质量、寿命和可靠性,直接影响着国家的安全。

总之,在机械制造过程中,无论是从事设计工作、制造工作,还是从事管理工作,熟悉工程材料、成形技术和热处理都是必要的。

2) 课程的性质、教学任务和基本要求

(1) 课程的性质

高职高专人才培养目标为:培养具有良好的综合素质;较全面的应用基础知识;熟练操作及创新能力;具有解决实际技术问题能力的一线生产与管理人才。根据这一培养目标,本课程是高职高专机械类各专业必修的综合性技术基础课。制造行业的设计、管理、生产、维护人员,必须了解常用工程材料与成形工艺的有关知识。以创新应用为核心,以使用现代化的机械设备,加工出高质量的机械产品为本课程主要目标。

(2) 教学任务

通过本课程的学习,使学生获得常用工程材料与成形工艺的基本知识,培养学生具有初步选择材料、改性方法、毛坯成形方法的能力,为学习其他后续课程和从事工业生产第一线技术工作奠定必要的基础。本课程重在培养学生的创新能力,解决具体生产工艺问题的能力;着重培养学生在机械制造领域内进行选择和判断的能力;并兼顾提高高职应用型人才的技术文化修养。

(3) 基本要求

学生在学完本课程后,要达到以下基本要求:

- ① 掌握常用工程材料的种类、性能及其改性方法,初步掌握应用范围和选择原则。

② 熟悉毛坯主要成形方法的基本原理和工艺特点,具有选择毛坯及工艺分析的初步能力。

③ 了解零件的结构工艺性。

④ 了解新材料、新工艺、新技术、新的成形方法及发展方向。

3) 教学建议

机械工程材料及成形工艺是一门实践性很强的综合性技术基础课。为达到本课程教学的基本要求,理论教学前,应进行一定的实践训练或将本课程与实训结合进行。

为保证教学质量,根据教学计划安排理论、实验、课后作业、综合练习等教学方式,也可以采用现场教学、投影仪、电教片、多媒体课件、网络教学等多种形式,提高学生的学习兴趣,寓教于乐,充分发挥学生学习的积极性,不断提高教学效果,建议教学时数为 70~90 学时。

1 工程材料的性能

工程材料是应用于各行各业的重要材料,是构成各种设备和设施的基础。工程材料的性能可分为使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中所表现出来的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等。工程材料使用性能的好坏,决定着它的使用寿命和应用范围。工艺性能是指材料适应各种冷、热加工的能力,主要包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能、热处理工艺性能等。材料的工艺性能好坏,会直接影响零件或构件的制造方法和制造成本。

金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式外力的作用,当外力达到或超过某一限度时,材料就会发生变形,直至断裂。材料在外力作用下所表现的一些性能(如强度、刚度、韧性等),称为材料的力学性能。

材料的力学性能,不仅是设计零件、选择材料的重要依据,而且也是验收、鉴定材料性能的重要依据之一。同时还是改进工艺、控制产品质量的重要参数之一。

根据载荷性质,零件受力情况可分为静载荷和动载荷两类。静载荷是指缓慢地作用在工件上的力,如机床床头箱对床身的压力、钢索的拉力、梁的弯矩、轴的扭矩和剪切力等。动载荷包括冲击载荷和交变载荷等,如空气锤锤杆所受的冲击即为冲击载荷;交变载荷指大小与方向随时间发生周期性变化的载荷。运转中的发动机曲轴、齿轮、连杆、弹簧等零件所承受的载荷均为交变载荷。

材料在外力作用下发生形状和尺寸改变,称为变形。变形一般分为弹性变形(卸载后可恢复原来形状和尺寸)和塑性变形(卸载后不能完全恢复原来形状和尺寸)。

材料进行静力拉伸试验时,先将被测金属材料制成标准试样,如图 1.1 所示。当 $L_0 = 10d_0$ 时,称为长试样;当 $L_0 = 5d_0$ 时,称为短试样。将试样装夹在拉伸试验机上,然后对试样逐渐施加拉伸载荷,直至把试样拉断为止。根据试样在拉伸过程中承受的载荷和产生的变形量之间的关系,可测出载荷 F 和伸长量 ΔL 之间的关系曲线,称为拉伸曲线,如图 1.2 所示。材料受外力作用时将产生变形,并随着作用力的增大,材料由弹性变形转变为塑性变形,直至断裂。

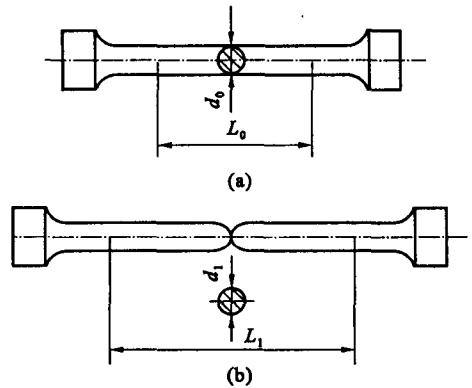


图 1.1 钢的标准拉伸试样
(a) 拉断前;(b) 拉断后

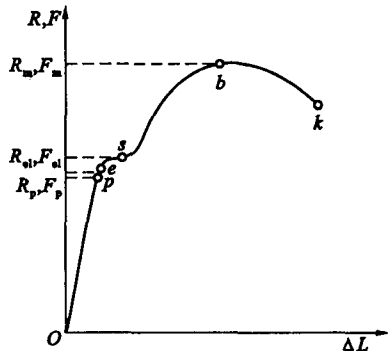


图 1.2 退火低碳钢的拉伸曲线

1.1 强 度

金属的强度是指金属抵抗塑性变形和断裂的能力。强度的大小通常用应力来表示。拉伸时,材料单位面积上的内力称为应力,用 R (旧国标符号 σ)表示,单位为MPa(兆帕)。常用的强度主要有屈服强度、规定残余伸长应力、抗拉强度等。

1) 屈服强度与规定残余伸长应力

(1) 屈服强度

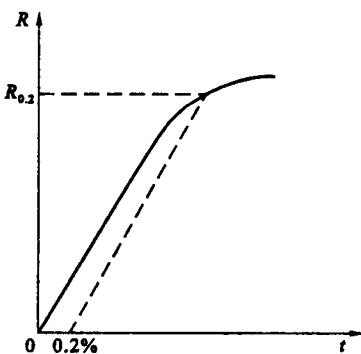
材料在外力作用下刚开始产生塑性变形时的最小应力值称为屈服强度,用符号 R_{el} (旧国标符号 σ_s)表示,单位为MPa。

$$R_{el} = \frac{F_{el}}{S_0}$$

式中 F_{el} ——材料屈服时的拉力(N);

S_0 ——试样的原始横截面积(mm^2)。

屈服强度表示金属材料对微量塑性变形的抗拉指标。零件在工作时一般不允许产生明显的塑性变形,所以 R_{el} 是多数机械零件选材和设计的主要力学依据。



(2) 规定残余伸长应力

不少材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象,也不产生缩颈,难以测出屈服点。此时可用规定残余伸长应力代替屈服强度。规定残余伸长应力是指试样卸除拉伸力后,其试样标距部分的残余伸长量(塑变量)为试样原始标距长度0.2%时的应力值作为屈服强度,即规定残余伸长应力,用符号 $R_{0.2}$ (旧国标符号 $\sigma_{0.2}$)表示,如图1.3所示。

2) 抗拉强度

材料在拉断前所能承受的最大应力值称为抗拉强度,用符号 R_m (旧国标符号 σ_b)表示。即

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

式中 F_m ——材料拉断前的最大外力(N);

S_0 ——试样的原始横截面积(mm^2)。

R_m 是设计和选材的主要依据。表明了材料在拉伸条件下,单位截面积上所能承受的最大载荷。机器零件工作时,所承受的拉应力绝不允许超过抗拉强度值,否则就会产生断裂。对于脆性材料(如铸铁等),由于其规定残余伸长应力也常常难以测出,因此在使用脆性材料制作机械零件时,一般用断裂时的抗拉强度值作为选材和设计的依据。 R_{el}/R_m 的比值称为屈强比,比值越大,越能发挥材料的潜力,减少结构的自重。但为了使用安全,合适的比值在0.65~0.75之间。

3) 疲劳强度

疲劳是指零件在交变载荷或重复应力作用下,过早发生破坏的现象。交变载荷可以是大小交变、方向交变,或同时改变大小和方向。如轴、弹簧、齿轮、连杆、叶片等在交变载荷长期作

用下工作,虽然零件所承受的交变应力数值小于材料的屈服强度,但在长时间运转后也会发生断裂,这种现象称为疲劳断裂。零件产生疲劳断裂,与其表面应力集中(如小孔、螺纹、尖角、缺口、截面突变等),表面和内部缺陷(如划伤、刀痕、夹渣、气孔、疏松、显微裂纹等),或在循环应力作用下经过较长时间的工作形成微细裂纹,这种裂纹就是疲劳源。由于循环应力的不断作用,裂纹会不断向纵深扩展,形成疲劳扩展区,使零件有效承载截面减小。最终当有效承载截面积减少到不能承受外加载荷作用时,零件会在低于屈服强度,甚至会在低于弹性极限的应力下发生突然瞬时断裂。疲劳断裂具有很大的突发性和危险性,往往会造成严重事故。图 1.4 是典型疲劳断口三个区域的示意图。把试样承受无限次应力循环或达到规定的循环次数才断裂的最大应力称作材料的疲劳强度。对在弯曲循环载荷下测定的疲劳强度用符号 R_{-1} (旧国标符号 σ_{-1}) 表示,而在剪切循环载荷下测定的用 τ_{-1} 表示。金属承受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越少。

将钢铁材料应力循环数达到 10^7 次时不发生断裂的最大应力作为疲劳强度,图 1.5 是钢铁材料的疲劳曲线。有色金属和合金的疲劳曲线不出现水平直线,因此工程上规定循环数到 10^8 次时不发生断裂的最大应力作为它们的疲劳强度。

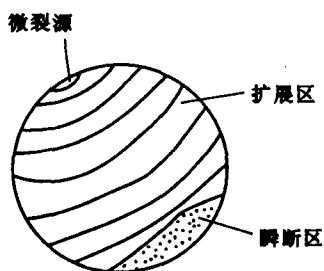


图 1.4 疲劳断口示意图

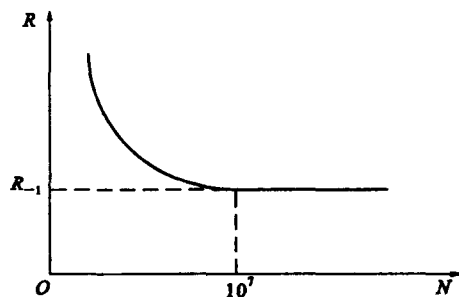


图 1.5 疲劳曲线

材料的 R_{-1} 与 R_m 是紧密相关的。对非合金钢来说,其关系为 $R_{-1} = (0.45 \sim 0.55) R_m$ 。可见材料的疲劳强度随其抗拉强度增高而增大。

零件的突然脆断具有很大的危险性,为提高材料的疲劳强度,应改善结构设计避免应力集中;提高加工工艺减少内部缺陷;还可以通过降低零件表面粗糙度和表面强化方法(如表面淬火、化学热处理、表面滚压、喷丸处理和表面涂层)等来提高表面加工质量。

1.2 塑性的主要指标

塑性是指材料在断裂前产生永久变形而不被破坏的能力。材料的塑性通常采用断后伸长率 A (旧国标符号 d) 和断面收缩率 Z (旧国标符号 ψ) 来表示。

1) 断后伸长率

试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比称为断后伸长率,用符号 A (旧国标符号 d) 表示

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_u ——试样断裂对接后的标距(mm);

L_0 ——试样的原始标距(mm)。

对于同样的材料,用不同长度的试样所测得的断后伸长率数值也是不同的,它们之间是不能直接进行比较的。因为 L_0 包括试样的均匀伸长和产生缩颈后局部伸长的总和。相对来说,短试样中的缩颈的伸长量占总伸长量的比例大,因此短试样的断后伸长率数值也较大。

2) 断面收缩率

试样拉断后断口处(缩颈处)横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比称为断面收缩率,用 Z (旧国标符号 ψ)来表示

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样的原始横截面积(mm^2) ;

S_u ——试样断裂处的最小横截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,比较确切地反映了材料的塑性。

A 和 Z 越大,则表示材料的塑性越好。塑性好的材料如铜、铝、低碳钢等,不仅容易进行轧制、锻压等压力加工,而且在使用中万一超载,由于塑性变形,也能避免突然断裂。一般情况下,材料的伸长率达 5%或收缩率达 10%,即可满足多数零件的塑性要求。

1.3 硬 度

硬度是衡量材料软硬程度的指标,是表示材料抵抗局部变形和破坏的能力,是重要的力学性能指标之一。硬度试验方法很多,大体上可分为压入法、刻划法和弹性回跳法三大类,金属材料质量检验主要用压入法进行硬度试验。它可间接反映出材料强度、疲劳强度等性能特点,试验操作简单,可直接在零件或工具上进行而不破坏工件。同时,对于磨损失效而言,钢的耐磨性随其硬度提高而增加,所以常把硬度判据作为技术要求标注在零件图上。目前应用最为广泛的是压入法,即在规定的静态实验力下将压头压入材料表面,用压痕深度或压痕表面积来评定硬度。常用的主要有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法等。

1) 布氏硬度试验法

布氏硬度试验是用一定直径的淬火钢球或硬质合金钢球做压头以相应试验力压入被测材料表面,经保持规定时间后卸载,以压痕单位面积上所受试验力的大小来确定被测材料的硬度值,用符号 HB 表示,如图 1.6 所示。在实际应用中,可根据压痕直径的大小直接查布氏硬度表而无需计算即可得出硬度值。

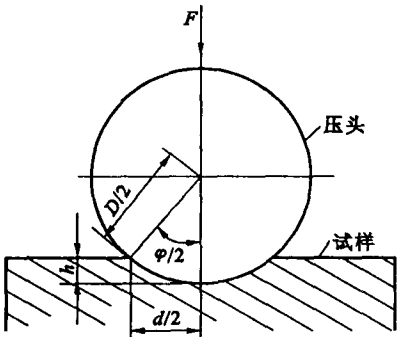


图 1.6 布氏硬度试验原理图

硬度值在 450 以下的材料,选用淬火钢球压头,以符号 HBS 表示;硬度值大于或等于 450 以上的材料,用硬质合金球压头,以 HBW 表示。标注时,硬度值写在符号前面,符号后面按顺序用数值表示试验条件,如:120HBS10/1000/30,表示用 10mm 钢球压头,1000kgf(9.80kN)试验力,保持时间 30s 后测得的布氏硬度值为 120。对于采用直径为 10mm 的压头,试验力为 3000kgf(29.42kN),试验力保持时间为 10~15s 的常规试验条件时,一般不需标明试验条件。

金属材料的硬软不同,厚薄不同,因此在进行布氏硬度试验时,就要求使用不同的试验力和不同的直径压头,布氏硬度的实验规范如表 1.1 所示。

表 1.1 布氏硬度的实验规范

材料种类	布氏硬度使用范围	球直径 D (mm)	$0.102F/D^2$	试验力 F (N)	试验力保持时间(s)	备 注
钢、铸铁	≥ 140	10	30	29420	10	压痕中心距试样边缘距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍; 两压痕中心距离不应小于压痕平均直径的 4 倍; 试样至少应为压痕深度的 10 倍。试验后,试样支承面应无可见的变形痕迹
		5		7355		
		2.5		1839		
	< 140	10	10	9807	10~15	
		5		2452		
		2.5		613		
非铁金属材料	≥ 130	10	30	29420	30	
		5		7255		
		2.5		1839		
	35~130	10	10	9807	30	
		5		2452		
		2.5		613		
	< 35	10	2.5	2452	60	
		5		613		
		2.5		153		

布氏硬度压痕面积较大,能较真实地反映出材料的平均性能,具有较高的测量精度。布氏硬度计主要用来测量原材料、半成品、铸铁、有色金属及退火、正火、调质钢件。因压痕较大,布氏硬度不适宜检验薄件、成品或过硬件。

2) 洛氏硬度试验法

洛氏硬度试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头或直径为 1.588mm 的淬火钢球压头,试验时先加初载荷,然后施加主载荷,维持规定时间后卸除主载荷,依据残余压痕深度增量计算确定硬度值,如图 1.7 所示。实际测量时,试件的洛氏硬度值由硬度计的表盘上直接读出,材料越硬,则表盘上的示值越大。

为了便于用洛氏硬度计测试不同硬度的材料,采用不同的压头和载荷组成不同的硬度标尺,并用字母在 HR 后面加以注明。常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种:分别用 HRA、HRB、HRC 表示。洛氏硬度标注时,硬度值亦写在硬度符号前面,如 50HRC 表示用洛氏硬度计 C 标尺测定的硬度值为 50。常用洛氏硬度试验规范及应用举例见表 1.2。

洛氏硬度试验操作简便,可直接从表盘上读出硬度值。测试的硬度值范围较大,既可测定软的金属材料,也可测定最硬的金属材料;试样表面压痕较小,可直接测量成品或薄工件。但由于压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料,硬度波动较大,为提高测量精度,通常测定三个不同点取平均值。

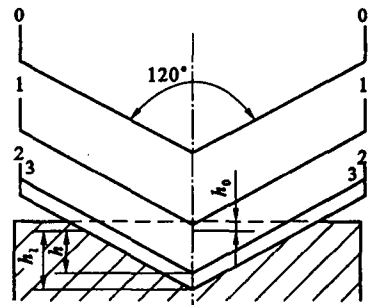


图 1.7 洛氏硬度试验原理图

表 1.2 常用洛氏硬度试验规范及应用举例

(单位: N)

标尺	压头类型	总试验力 F(N) (kgf)	硬度范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	588.4(60)	70~88	硬质合金、表面淬火层或渗碳层等
HRB	F1. 588mm 钢球	980.7(100)	20~100	非铁金属、退火钢、正火钢等
HRC	120°金刚石圆锥体	1471(150)	20~70	淬火钢、调质钢等

1.4 冲击吸收功

强度、塑性、硬度等都是在静载荷作用下的力学性能。实际上,许多零件常在冲击载荷或交变载荷作用下工作,如弹簧、锻锤锤杆、冲床冲头、火车挂钩、发动机曲轴、活塞销、冲模和锻模等。冲击载荷比静载荷的破坏能力大,对于承受冲击载荷的材料,不仅要求具有高的强度和一定塑性,还必须具备足够的韧性。金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为韧性,用冲击吸收功表示。冲击吸收功是指材料在冲击力作用下折断时所吸收的功。通常用摆锤式冲击试验来测定。

1) 摆锤式一次冲击试验

将标准试样安放在摆锤式冲击试验机的支座上,试样缺口背向摆锤,将具有一定质量 m 的摆锤升高到 h_1 ,使摆锤具有位能 mgh_1 ;然后使其摆锤绕固定轴落下将试样冲断后,又继续升高到 h_2 ,此时摆锤冲断试样剩余的能量为 mgh_2 ,在忽略摩擦阻尼等条件下,摆锤冲断试样所做的功称为冲击吸收功,用 A_k 表示,其单位为焦耳(J),即

$$A_k = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

冲击吸收功的数值可以从试验机的刻度盘上直接读出。如图 1.8 所示。

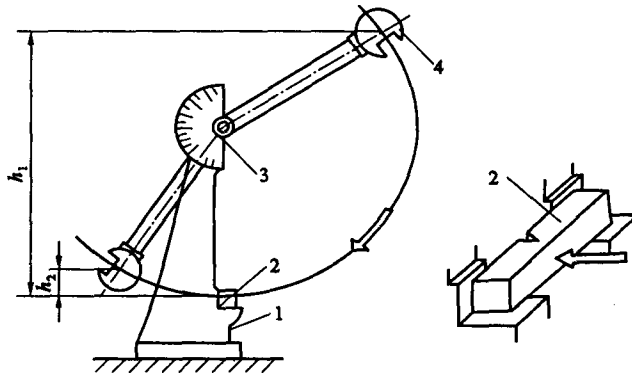


图 1.8 冲击试验示意图

1—支座;2—试样;3—指针;4—摆锤

需要说明一点,使用不同类型的标准试样(U形缺口或V形缺口)进行试验时,冲击吸收功分别用 A_{ku} 和 A_{kv} 表示。

材料的冲击吸收功 A_k 愈大,表明材料的韧性愈好,受到冲击时不易断裂。 A_k 值的大小受很多因素影响,不仅与试样形状、表面粗糙度、内部组织有关,还与试验时的温度密切相关。因此冲击吸收功一般只作为选材时的参考,而不能直接作为计算依据。

2) 小能量多次冲击能力

工程实际中,零件经过一次冲击即发生断裂的情况很少。许多零件在工作中往往承受小能量多次重复冲击后才断裂。实践证明,材料在多次冲击下的破坏过程是裂纹产生和扩展的过程,它是多次冲击损伤积累发展的结果。因此材料的多次冲击抗力是一项取决于材料强度和塑性的综合性能指标,冲击能量高时,材料的多次冲击抗力主要取决于塑性;冲击能量低时,主要取决于强度,因此可通过热处理来提高材料的强度。同时冲击吸收功还与试验时的温度有关,随试验时温度下降而降低。有些材料在低于某一温度时,冲击吸收功显著下降呈脆性,导致发生断裂,这一转变温度称为韧脆转变温度。韧脆转变温度低者,表示其低温冲击韧性好,在高寒地区,冬季低寒气温条件下金属零件就不易发生脆断现象。

1.5 金属材料的硬度实验

1.5.1 实验目的

- (1) 了解布氏、洛氏硬度测定的基本原理及应用范围。
- (2) 了解布氏、洛氏硬度机的主要结构,初步掌握操作方法。
- (3) 根据不同金属材料的零件性能特点,能正确选择测定硬度的方法。

1.5.2 实验设备及试样

(1) 布氏硬度试验机(HB—3000 型布氏硬度试验机);或 HW—187.5 型布洛维硬度试验机。

(2) 洛氏硬度试验机(HR—150 型洛氏硬度试验机)。

(3) 试样:φ20mm×10mm 的 45 钢、T12 钢(正火及淬火状态);HT200、H62、ZL102。

1.5.3 试样技术条件

- (1) 试样表面应平整光洁,不得有氧化皮或油污及明显的加工刀痕。
- (2) 试样厚度不能太薄,应大于压入深度的 10 倍。
- (3) 在试样制备过程中,应尽量避免试样受热及冷加工对硬度测试的影响。

1.5.4 试验规范

1) 布氏硬度试验

(1) 布氏硬度试验规范如表 1.1 所示。由表 1.1 确定 $0.102F/D$ 值、压头直径和试验力。

(2) 布氏硬度试验机(HB—3000 型)一般由机体、工作台、减速器、杠杆机构、换向开关等部分组成。其简图如图 1.9 所示。

(3) 操作步骤

① 据试验材料和试样厚度按表 1.1 布氏硬度试验规范选择球体直径 D 、试验力 F 的大小和试验力作用保持的时间。

② 将试样平稳地放在工作台上,顺时针转动升降手轮,使试样测试表面与压头轴线垂直,直至试样与球体紧密接触,并继续平稳地转动手轮至升降螺母产生滑动(空转)为止。

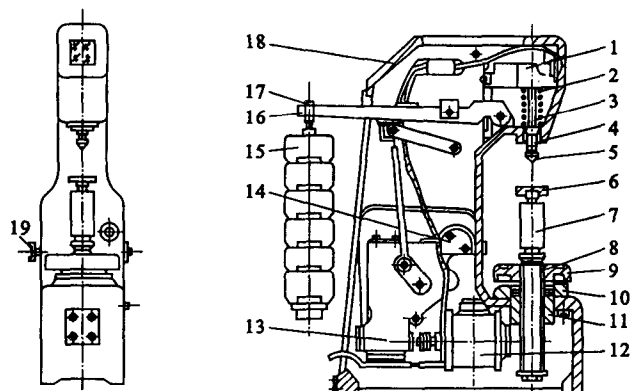


图 1.9 HB—3000 型布氏硬度机简图

1—小杠杆;2—弹簧;3—压轴;4—主轴衬套;5—压头;6—可更换工作台;7—工作台立柱;
8—螺杆;9—升降手轮;10—螺母;11—套筒;12—电动机;13—减速器;14—换向开关
15—砝码;16—大杠杆;17—吊环;18—机体;19—电源开关

③ 确定试验力保持时间。一般黑色金属的试验力保持时间为 10~15s;有色金属为 30s,布氏硬度值小于 35 时为 60s。试验力保持时间确定后,将紧压螺钉拧松,圆盘并不转动,并把时间定位器(红色指示点)转到与持续时间相符的位置上。

④ 打开电源开关,待电源指示灯亮后,再按动加载按钮开关,启动电动机,开始加试验力。当加荷红色指示灯闪亮时,表示试验力已经加上,此时立即拧紧定时压紧螺钉,使圆盘转动,即自动开始计时,达到预定加荷时间后,转动即自行停止。

⑤ 关闭电源,逆时针方向转动手轮,降下工作台,取下试样用读数显微镜测量压痕直径(d),用所得结果从有关对照表中查找相应的布氏硬度值。

2) 洛氏硬度试验

(1) 洛氏硬度试验规范如表 1.2 所示。

(2) 实验设备

图 1.10 为 HR—150 型洛氏硬度试验机构造图。由机架、加荷机构、测量指示机构及工作台升降机构等三部分组成。机壳内部有加荷杠杆及小杠杆。压头装在加荷杠杆主轴内,并用紧固螺钉固定。初负荷 10kgf 由加荷杠杆自重产生,主负荷则由吊杆上的砝码通过加荷杠杆加于压头上。主负荷的加荷通过操纵手柄控制一组机构和油压缓冲器来完成。压头在压入试样后通过小杠杆传到指示器,从而显示出硬度值。

(3) 操作步骤

实验前,应使用与试验硬度相近的二级标准洛氏硬度块对硬度计进行校正。

① 按表 1.2 的规范,根据所测试样选择压头类型和总负荷的大小(总负荷的数值在机身右侧的调整手轮上有标注,应使其对准机身上的定位红点)。

② 根据试样形状与大小,选择适宜的工作台(水平工作台或 V 形工作台),将试样平稳地放在工作台上。

③ 顺时针转动手轮,使试样与压头缓慢接触,直至表盘的小指针指到“0”为止,此时即施加了 10kgf 的预载荷。

④ 将表盘的大指针调整至零点(HRA、HRC 零点为 0,HRB 零点为 30。)