



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

金属工艺学

上册 第六版

邓文英 郭晓鹏 邢忠文 主编

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

金属工艺学

Jinshu Gongyixue

上册 第六版

邓文英 郭晓鹏 邢忠文 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在邓文英等主编《金属工艺学》(第五版)的基础上,依据教育部新制订的《高等学校工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》,并吸取兄弟院校教学改革经验修订而成的。

本书分上、下两册。上册除绪论外包括五篇:金属材料的基本知识、铸造、金属塑性加工、焊接和非金属材料及其成形;下册包括一篇:切削加工。本次修订仍坚持“少而精”的原则,突出重点,调整了部分篇章的结构和内容,充实了新工艺、新技术。

本书可作为普通高等学校机械类专业课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学.上册/邓文英,郭晓鹏,邢忠文主编
——6版.——北京:高等教育出版社,2017.6
ISBN 978-7-04-047679-8

I. ①金… II. ①邓… ②郭… ③邢… III. ①金属加工—工艺学—高等学校—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 112083 号

策划编辑	宋 晓	责任编辑	宋 晓	封面设计	张 志	版式设计	于 婕
插图绘制	杜晓丹	责任校对	陈旭颖	责任印制	毛斯璐		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	14.25	版 次	1964 年 10 月第 1 版
字 数	340 千字		2017 年 6 月第 6 版
购书热线	010-58581118	印 次	2017 年 6 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	32.00 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 47679-00

第 六 版 序

工程材料及机械制造基础是高等工科学校机械类专业必修的技术基础课,本书是该课程的教学用书。金属工艺学是从事机械设计和机械制造工作不可缺少的基础知识。

本书第一版于 1964 年问世,第二版于 1988 年荣获全国第一届高等学校优秀教材二等奖。蒙广大读者的喜爱与支持,提出了很多中肯意见,已历经了五次修订。为适应形势发展的需要,并为满足机械类各专业新时期的教学要求,特组织此次修订。本次修订,我们仍掌握如下原则:

(1) 坚持“少而精”。文字简练,与金属工艺学实习教材有分工并密切配合,并考虑了后续课程的内容,便于安排教学。精选内容,删减了一些枝节和陈旧的部分,如“机床上常用的传动副”“机床常用变速机构”等。

(2) 正确处理“基础”与“发展”的关系。坚持以“工艺为主”“常规为主”的同时,为扩大学生视野,激发创新意识,也适当介绍了学科前沿的一些新技术、新成果。增加了“有色金属材料”“材料的选用”“非金属材料及其成形”“数控车床传动系统”“数控加工”等内容。

(3) 全面贯彻国家有关新标准。包括国家标准号、名词术语、符号等。

与本书配套的数字课程资源同时发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习(使用说明见书后)。

邓文英先生和郭晓鹏先生已经去世,本次修订工作由哈尔滨工业大学邢忠文和天津大学宋力宏主持,并分别担任上、下册的主编。参加本书修订工作的主要有:哈尔滨工业大学邢忠文(第一篇、第三篇第一至三章、第四章第一至第四节,第四篇),哈尔滨工业大学陈洪勋(第二篇第一至五章),天津大学李清(第二篇第六章),哈尔滨工业大学包军(第三篇第四章第五节),哈尔滨工业大学胡秀丽(第五篇),天津大学宋力宏(第六篇第一、三、五、七章),天津大学李清和宋力宏(第六篇第二章),青岛工学院陈艳和天津大学宋力宏(第六篇第四、六章)。

本书上册由山东大学孙康宁教授审阅,下册由河北工业大学曲云霞教授审阅,审阅人提出了宝贵的意见。一些老师也对本书修订提出不少意见和建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在不当之处,恳请批评指正。

编 者
2016 年 1 月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 金属材料的基本知识

第一章 金属材料的主要性能	5	第四章 工业用钢	30
第一节 金属材料的力学性能	5	第一节 碳素钢	30
第二节 金属材料的物理、化学及工艺性能	10	第二节 低合金钢	32
复习题	10	第三节 合金钢	34
第二章 铁碳合金	12	复习题	35
第一节 纯铁的晶体结构及其同素异晶转变	12	第五章 有色金属材料	37
第二节 铁碳合金的基本组织	15	第一节 铝及铝合金	37
第三节 铁碳合金状态图	18	第二节 铜及铜合金	40
复习题	23	第三节 镁及镁合金	42
第三章 钢的热处理	24	第四节 钛及钛合金	43
第一节 钢在加热和冷却时的组织转变	24	复习题	43
第二节 钢的退火和正火	26	第六章 材料的选用	45
第三节 淬火和回火	27	第一节 材料的使用性能	45
第四节 表面淬火和化学热处理	28	第二节 材料的工艺性能	47
复习题	29	第三节 选材的经济性	48
		复习题	48

第二篇 铸 造

第一章 铸造工艺基础	51	复习题	70
第一节 液态合金的充型	51	第三章 砂型铸造	71
第二节 铸件的凝固与收缩	53	第一节 造型方法的选择	71
第三节 铸造内应力、变形和裂纹	56	第二节 浇注位置和分型面的选择	75
第四节 铸件中的气孔	59	第三节 工艺参数的选择	78
复习题	60	第四节 综合分析举例	80
第二章 常用合金铸件的生产	61	复习题	81
第一节 铸铁件生产	61	第四章 砂型铸件的结构设计	84
第二节 铸钢件生产	67	第一节 铸件结构与铸造工艺的关系	84
第三节 铜、铝合金铸件生产	69	第二节 铸件结构与合金铸造性能的关系	86

复习题	89
第五章 特种铸造	91
第一节 熔模铸造	91
第二节 消失模铸造	93
第三节 金属型铸造	95
第四节 压力铸造	96
第五节 离心铸造	98

第六节 常用铸造方法的比较	100
复习题	100
第六章 铸造生产中的计算机技术	102
第一节 铸造过程辅助设计及控制	102
第二节 快速成形技术及其在铸造生产中的 应用	104
复习题	108

第三篇 金属塑性加工

第一章 金属的塑性变形	111
第一节 金属塑性变形机理	111
第二节 塑性变形对金属组织和性能的影响	112
第三节 金属的可锻性	114
复习题	116
第二章 锻造成形	117
第一节 锻造方法	117
第二节 锻造工艺规程的制订	124
第三节 锻件结构的工艺性	127
复习题	130
第三章 板料冲压成形	132

第一节 分离工序	132
第二节 变形工序	134
第三节 冲压件的结构工艺性	138
复习题	140
第四章 特种塑性加工方法	141
第一节 精密锻造	141
第二节 挤压成形	141
第三节 轧制成形	143
第四节 粉末锻造	145
第五节 数控冲压	146
复习题	150

第四篇 焊 接

第一章 电弧焊	153
第一节 焊接电弧	153
第二节 焊接接头的组织与性能	154
第三节 焊接应力与变形	156
第四节 焊条电弧焊	158
第五节 埋弧焊	161
第六节 气体保护焊	163
第七节 等离子弧焊接与切割	166
复习题	167
第二章 其他常用焊接方法	168
第一节 电阻焊	168
第二节 摩擦焊	171
第三节 钎焊	171
第四节 真空电子束焊接	173
第五节 激光焊接	174

第六节 高频焊	175
复习题	176
第三章 常用金属材料的焊接	177
第一节 金属材料的焊接性	177
第二节 碳钢的焊接	178
第三节 合金结构钢的焊接	179
第四节 铸铁的补焊	180
第五节 非铁金属及其合金的焊接	181
复习题	181
第四章 焊接结构设计	183
第一节 焊接结构件材料的选择	183
第二节 焊接接头的工艺设计	184
复习题	190
第五章 焊接过程自动化	192
第一节 计算机辅助焊接技术	192

第二节 焊接机器人	193	复习题	195
第三节 焊接柔性生产系统	194		

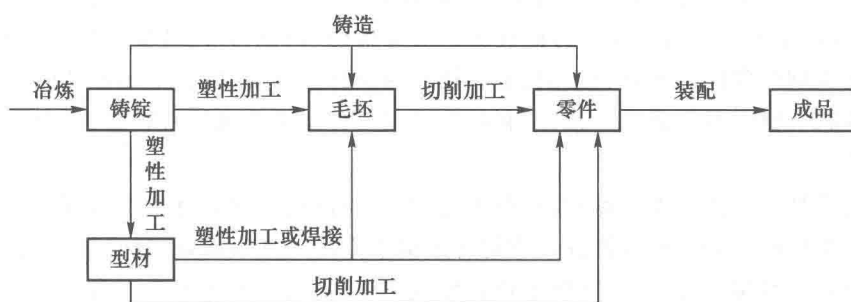
第五篇 非金属材料及其成形

第一章 高分子材料及其成形	199	第二节 陶瓷的成形方法	210
第一节 工程塑料及其成形	199	第三节 陶瓷制品的生产过程	212
第二节 橡胶及其成形	205	复习题	212
第三节 胶接成形	206	第三章 复合材料及其成形	213
复习题	208	第一节 复合材料的性能特点	213
第二章 陶瓷材料及其成形	209	第二节 复合材料的成形方法	214
第一节 陶瓷材料的性能	209	复习题	216
参考文献	217		

绪 论

金属工艺学是一门传授有关制造零件工艺方法的综合性技术基础课,主要讲述各种工艺方法本身的规律性及其在机械制造中的应用和相互联系,零件的加工工艺过程和结构工艺性,常用工程材料的性能及对加工工艺的影响,工艺方法的综合比较等。

现代工业应用的机器设备,如机床、汽车、拖拉机、轮船及仪表等大多是由金属零件装配而成的。将金属材料加工成零件是机械制造的基本过程,如下图所示。



多数零件由于形状复杂或者精度和表面质量要求较高,难以采用单一的方法直接生产,通常先用铸造、塑性加工或焊接方法制成毛坯,再经过切削加工方法制成所需的零件。而且,为了易于进行切削加工和改善零件的某些性能,中间常需穿插不同的热处理工艺(图中未示出)。最终将制成的各种零件经过装配、检验成为成品。

由于机器设备的种类繁多,结构特性又各不相同,故所采用的制造工艺应随产品而异。例如,制造滚珠轴承时,由于产品的精度和硬度要求非常高,故磨削加工占据最大的工作量;锅炉、轮船主要由钢结构制成,焊接就成为主要加工方法;金属切削机床的铸件所占比重很大,而仪表则冲压件很多,故制造时加工方法显著不同。必须指出,各种加工方法是在不断地发展着的,所以零件的具体制造方法也在不断地改变。例如,发动机曲轴现多以球墨铸铁铸制取代过去的锻钢锻制;又如,随着无屑加工技术的发展,通过铸造、锻压直接制成零件的工艺也日益得到推广。

任何学科的发展,都要吸收和运用其他学科的成果、技术方法,也就是说要进行某种程度的综合。从传统的学科分类来看,本课程包括机械加工、材料成形的各种工艺,本身的综合性已较强,这就更有利于把各有关学科的最新成果加以应用。“综合就是创造”,例如全自动机床,包含普通机床及数控机床的某些组成部分,以及机械手系统、刀具磨损补偿和自动换刀系统、机械故障及维修诊断系统等,这就是机电综合所形成的新产品。没有综合就不可能制造出这样高质量的新机器。

现代科学技术的发展更新了机械制造的观念,传统的机械制造过程有了改变,生产中的工艺

也不同。从当前工业发达国家的情况来看,机械制造工艺具有如下发展趋势:

首先是生产的工艺基础变了。最主要的是在直接生产的环节中,采用物化知识的职能来代替人,使人从直接参加生产劳动变为主要负责控制生产。

其次是在采用先进工艺和高效专用设备的条件下,使生产专业化。如工业发达国家铸造专业化生产的铸件已占全部产量的60%以上。

再次是机械加工技术的柔性化。要完成多品种、小批量零件的加工,工艺人员为了获取最佳的组合,不仅要掌握工艺技术和管理技术,还要掌握大量的信息和计算机技术。

随着科学技术和生产力的不断发展,金属工艺学的内容构成也有所发展。应当指出,本课程的发展必然是有关学科的相互渗透和综合,而不是兼收并蓄、包罗万象,内容越来越庞杂。所以,本课程仍应属工艺学范畴。

考虑到非金属材料的应用日益广泛,在工业生产中的比重越来越大,本书新增了“非金属材料及其成形”一篇,供选修。

金属工艺学是机械类各专业必修的技术基础课,和其他课程一样,在教学过程中,都要完成传授知识、训练技能和培养能力这三方面任务。但要指出,知识、技能和能力是三个不同的概念,而且从掌握知识到形成能力不是直接的,要以技能为中介。譬如,领会球墨铸铁的熔炼和球化原理,只是属于知识范畴,唯有通过实践,顺利地生产出各种合格的球墨铸铁件,才有可能形成生产球墨铸铁的能力。

金属工艺学是实践性很强的课程,有利于对学生进行技能训练,有利于培养学生具有更高的实际能力和开拓精神。有人把技能仅仅理解为能动手操作工具和设备,或者能够进行实验,这样的理解是不够的。其实,技能训练除操作技能外,还有工程实践和工程意识训练。应该把书本学习和实践学习结合起来,明确地把技能训练作为教育计划的有机组成部分,这样才符合培养高质量人才的需要。

第一篇 金属材料的基本知识

工程材料可分为金属材料和非金属材料两大类。尽管近几十年来非金属材料用量的增长速度,虽数倍于金属材料的增长速度,但在今后相当长的时间内,机械制造中应用最广泛的仍然将是金属材料。例如,载重汽车钢件约占自重的 70%,铸铁件约占 15%;一般机床铸铁件约占 70%,钢件约占 20%。所以,一个国家金属材料的产量或耗用量体现其国民经济发展水平。

金属材料之所以获得如此广泛的应用,除因冶炼铸铁和钢的铁矿石在地壳中储量丰富外,主要是其具有制造机器所需要的物理、化学性能,并且还可采用简便的工艺方法加工成适用的机器零件,也即具有所需的工艺性能。

机械制造中所用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属。原因是合金比纯金属具有更好的力学性能和工艺性能,且价格低廉。合金是以一种金属为基础,加入其他金属或非金属,经过熔炼或烧结制成的具有金属特性的材料。最常用的合金是以铁为基础的铁碳合金,如碳素钢、合金钢、灰铸铁等,还有以铜为基础的黄铜、青铜,以铝为基础的铝硅合金等。

用来制造机械设备的金属及合金,应具有所需的力学性能和工艺性能、较好的化学稳定性和适合的物理性能。因此,学习本篇时,必须首先熟悉金属及合金的各种主要性能,以便依据零件的技术要求合理地选用金属材料。

本篇主要介绍金属材料的成分、组织、性能及应用之间的关系,材料的选用原则,使读者了解热处理工艺、常用金属的类别与牌号及材料的选用方法,为学习本课程中铸造、塑性加工、焊接、非金属材料成形和机械加工工艺奠定必要的基础。

第一章 金属材料的主要性能

第一节 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是金属材料在力的作用下所表现出来的性能。零件的受力情况有静载荷、动载荷和交变载荷之分。用于衡量在静载荷作用下的力学性能指标有强度、塑性和硬度等；在动载荷作用下的力学性能指标有冲击韧度等；在交变载荷作用下的力学性能指标有疲劳强度等。

一、强度与塑性

金属材料的强度和塑性是通过拉伸试验测定的。

目前金属材料室温拉伸试验方法采用 GB/T 228. 1—2010 新标准,由于目前原有的金属材料力学性能数据是采用旧标准进行测定和标注的,所以原有旧标准 GB/T 228—1987 仍然沿用,本教材为叙述方便采用旧标准。关于金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照见表 1-1。

表 1-1 金属材料强度与塑性的新、旧标准名词和符号对照

GB/T 228. 1—2010 新标准		GB/T 228—1987 旧标准	
名词	符号	名词	符号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ϕ
断后伸长率	A 和 $A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
屈服强度	—	屈服点	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}
规定残余伸长强度	R_r , 如 $R_{r0.2}$	规定残余伸长应力	σ_r , 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b

为进行拉伸试验,必须先将金属材料制成图 1-1 所示的试样。试验时,将试样装夹在拉力试验机上,在试样两端缓缓地施加载荷,使之承受轴向静拉力。试样随着载荷的不断增加,被逐步拉长,直到拉断。试验机将自动记录每一瞬间的载荷 F 和伸长量 ΔL ,并绘出拉伸曲线。

图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线。由图可知,当外力小于 F_e 时,试样的变形属于弹性变形,此时载荷 F 与伸长量 ΔL 为线性关系,而载荷去除后试样将恢复到原始长度。载荷超过 F_e

之后,试样除发生弹性变形外,还发生部分塑性变形,此时外力去除后试样不能恢复到原始长度,这是由于其中的塑性变形已不能恢复,形成永久变形的缘故。当外力增大到 F_s 以后,拉伸图上出现了水平线段,这表示载荷虽未增加,但试样仍继续发生塑性变形而伸长,这种现象称为屈服, s 点称为屈服点。此后,载荷增大,塑性变形将明显加大。当载荷超过 F_b 以后,试样上某部分开始变细,出现了“缩颈”(图 1-1b),由于其截面缩小,使继续变形所需的载荷下降。载荷达到 F_k 时,试样在缩颈处断裂。

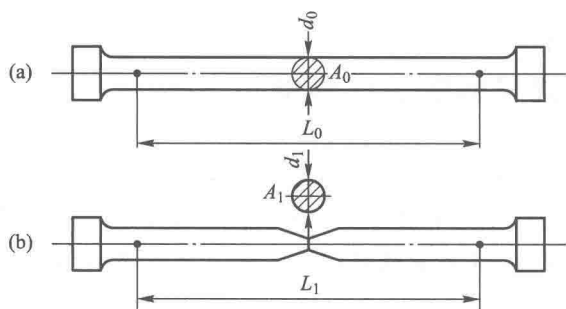


图 1-1 拉伸试样

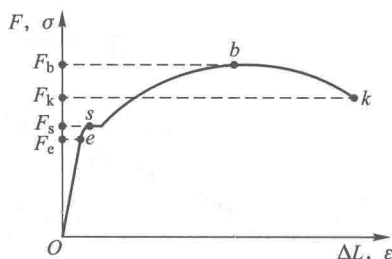


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

为使曲线能够直接反映出材料的力学性能,可将纵坐标的载荷改用应力 σ 表示(试样单位横截面的拉力, $\sigma = \frac{F}{A_0}$),横坐标的变形量改用应变 ε 表示(试样单位长度的伸长量, $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$)。由此绘成的曲线称为应力-应变曲线。 σ - ε 曲线和 F - ΔL 曲线形状相同,仅是坐标含义不同。

1. 强度

强度是金属材料在力的作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。强度有多种指标,工程上以屈服强度和抗拉强度最为常用。

(1) 屈服强度 是拉伸试样产生屈服时的应力。屈服强度可按下式计算:

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

式中: σ_s ——试样产生屈服时的应力, MPa;

F_s ——试样屈服时所承受的最大载荷, N;

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

对于没有明显屈服现象的金属材料,工程上规定以试样产生 0.2% 塑性变形时的应力,作为该材料的屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(2) 抗拉强度 是指金属材料在拉断前所能承受的最大应力,以 σ_b 表示。它可按下式计算:

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

式中: σ_b ——试样在拉断前所能承受的最大应力, MPa;

F_b ——试样在拉断前所承受的最大载荷, N;

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

在评定金属材料及设计机械零件时,屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 具有重要意义,由于机械零

件或金属构件工作时,通常不允许发生塑性变形,因此多以 σ_s 作为强度设计的依据。但对于脆性材料(如灰铸铁),因断裂前基本不发生塑性变形,故无屈服强度可言,在强度计算时则以 σ_b 为依据。

2. 塑性

塑性是金属材料在力的作用下,产生不可逆永久变形的能力。常用的塑性指标是伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率 试样拉断后,其标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率,以 δ 表示

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

式中: L_0 ——试样原始标距长度, mm;

L_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

必须指出,伸长率的数值与试样尺寸有关,因而试验时应对所选定的试样尺寸作出规定,以便进行比较。如: $L_0 = 10d_0$ 时用 δ_{10} 或 δ 表示; $L_0 = 5d_0$ 时用 δ_5 来表示。同一种材料测得的 δ_5 比 δ_{10} 要大一些。

(2) 断面收缩率 试样拉断后,缩颈处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,以 ψ 表示

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

式中: A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样拉断后,断口处横截面积, mm^2 。

δ 和 ψ 数值愈大,表示材料的塑性愈好。良好的塑性不仅是金属材料进行轧制、拉拔、锻造、冲压、焊接的必要条件,而且在使用中一旦超载,由于产生塑性变形,能够避免突然断裂,从而增加零件的安全性。

二、硬度

材料表面抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕、划痕的能力称为硬度。硬度是衡量材料软硬指标的。硬度直接影响金属材料的耐磨性,因为机械制造所用的刀具、量具、模具及零件的耐磨表面都应具有足够高的硬度,才能保证其使用性能和寿命。若所加工金属坯料的硬度过高,则会给切削加工或其他工艺带来困难。显然硬度也是重要的力学性能指标。

金属材料的硬度是在硬度计上测出的。常用的有布氏硬度法和洛氏硬度法。

1. 布氏硬度(HBW)

布氏硬度的测试原理如图 1-3 所示。它是以直径为 D 的硬质合金球为压头,在载荷的静压力下,将压头压入被测材料的表面(图 1-3a),停留若干秒后卸去载荷(图 1-3b),然后采用带刻度的专用放大镜测出压痕直径 d ,并依据 d 的数值从专门的表格中查出相应的 HBW 值。

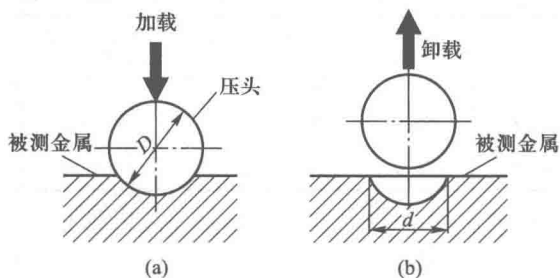


图 1-3 布氏硬度法

布氏硬度法测试值较稳定,准确度较洛氏法高。缺点是测量费时,且压痕较大,不适于成品检验。

传统的布氏硬度计以淬火钢球为压头,以 HBS 表示,这种硬度计在我国已生产和使用达半个世纪之久。可通过改变压头钢球的直径和载荷的大小测试不同材料、不同厚度的试样,常用的钢球直径为 10 mm、载荷为 30 000 N。主要用于 450 HBS 以下的灰铸铁、软钢和非铁合金等。2002 年以后,这种硬度计停止使用。

以硬质合金球为压头的布氏硬度计,可测试 650 HBW 以下的淬火钢材。GB/T 231.1—2009 标准中规定了压头直径和载荷范围。

2. 洛氏硬度(HR)

洛氏硬度的测试原理是将压头(金刚石圆锥体、淬火钢球或硬质合金球)按图 1-4 施以 100 N 的初始压力,使压头与试样始终保持紧密接触。然后,向压头施加主载荷,保持数秒后卸除主载荷,以残余压痕深度计算其硬度值。实际测量时,由刻度盘上的指针直接指示出 HR 值。

为了使硬度计能测试从软到硬各种材料的硬度,其压头和载荷可以变更。依照 GB/T 230.1—2009《洛氏硬度试验》,新型洛氏硬度的压头有:120°金刚石圆锥体、 $\phi 1.5875\text{ mm}$ 钢球、 $\phi 3.175\text{ mm}$ 钢球三种;刻度盘上有 A,B,⋯,K 九种标尺,分别表示 HRA,HRB,⋯,HRK。表 1-2 给出了几种测试规范,其中以 HRC 应用最广。

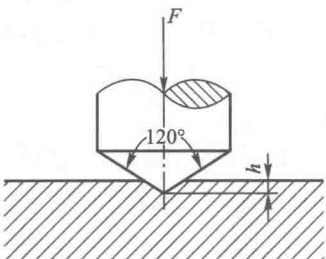


图 1-4 洛氏硬度的测定

表 1-2 洛氏硬度测试规范示例

标尺	压头类型	主载荷	适用测试材料	有效值
HRA	120°金刚石圆锥体	50 kgf(490.3 N)	硬质合金、表面淬火钢等	20 ~ 88
HRB	$\phi 1.5875\text{ mm}$ 钢球	90 kgf(882.6 N)	退火钢、灰铸铁、有色金属等	20 ~ 100
HRC	120°金刚石圆锥体	140 kgf(1 373 N)	淬火钢、调质钢等	20 ~ 70

洛氏硬度法测试简便、迅速,因压痕小、不损伤零件,可用于成品检验。其缺点是测得的硬度值重复性较差,需在不同部位测量数次。

必须指出,在金属材料中,各种硬度与强度间有一定的换算关系,故在零件图的技术条件中,通常只标出硬度要求。表 1-3 给出了几种硬度与强度的关系。

表 1-3 几种硬度与碳素钢抗拉强度的换算关系(摘自 GB/T 1172—1999)

HRC	HRA	HBS	HBW	σ_b/MPa	HRC	HRA	HBS	HBW	σ_b/MPa
25.0	62.8	251	—	875	40.0	70.5	370	370	1 271
30.0	65.3	283	—	989	45.0	73.2	424	428	1 459
35.0	67.9	323	—	1 119	50.0	75.8	—	502	1 710

三、韧性

许多机器零件,如锤杆、锻模、火车挂钩、活塞销等在工作中承受冲击载荷,因此必须考虑金

属材料抵抗冲击载荷的能力。

金属材料断裂前吸收的变形能量的能力称为韧性。韧性的常用指标为冲击韧性。

金属材料的韧性通常采用摆锤冲击弯曲试验机来测定。试验时,将方形的标准冲击试样(参见 GB/T 229—2007)放在摆锤冲击弯曲试验机(图 1-5)的支座上,然后抬起摆锤,让它从一定的高度 H_1 自由落下,将试样一次冲断。之后,摆锤凭借剩余的能量又上升到 H_2 的高度。冲击韧度可按下式计算:

$$a_k = \frac{K}{A}$$

式中: a_k ——冲击韧度(冲击值) J/cm^2 ;

K ——冲断试样所吸收的能量(在刻度盘上直接读出), J ;

A ——试样缺口处的横截面积, cm^2 。

通常情况下,在试样中部开有缺口,以便于冲断。对于脆性材料(如铸铁、淬火钢等),试样一般不开缺口,以防冲击值过低,难以比较不同金属材料冲击性能的差异。

冲击值的大小与很多因素有关。它不仅受试样形状、表面粗糙度及内部组织的影响,还与试验时的环境温度有关。因此,冲击值的大小一般仅作为选择材料时的参考,不直接用于强度计算。

四、疲劳强度

机器上许多零件,如主轴、曲轴、齿轮、连杆、弹簧等在工作中各点的应力随时间作周期性变化,这种应力称为循环应力或交变应力。承受循环应力的零件在工作一段时间后,有时突然发生断裂,而其所承受的应力往往低于该金属材料的屈服强度,这种断裂称为疲劳断裂。

通过材料的疲劳试验,可得出有些金属材料其循环应力 σ 与断裂前的应力循环次数 N 具有图 1-6 疲劳曲线所示的关系。由图可知,材料所承受的循环应力愈大、则产生断裂的应力循环次数愈少;当循环应力低于某定值时,疲劳曲线呈水平线,表示该金属材料在此应力下可经受无数次应力循环仍不发生疲劳断裂,此应力值称为材料的疲劳强度。对于按正弦曲线变化的对称循环应力,其疲劳强度以符号 σ_{-1} 表示。

由于实际测试时不可能做到无数次应力循环,故在疲劳试验时各种金属材料应有一定的应力循环基数。如钢材以 10^7 为基数,即循环次数达到 10^7 仍不发生疲劳断裂,就认为不会再生疲劳断裂。对于非铁合金和某些高强度钢,则常取 10^8 为基数。

一般认为产生疲劳断裂的原因,是由于材料有内部缺陷、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷,导致产生微裂纹。这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,致使零件的有效截面积逐步缩小,直至不能承受所加载荷而突然断裂。

为了提高零件的疲劳强度,除应改善其形状结构,减少应力集中外,还可采取表面强化的方

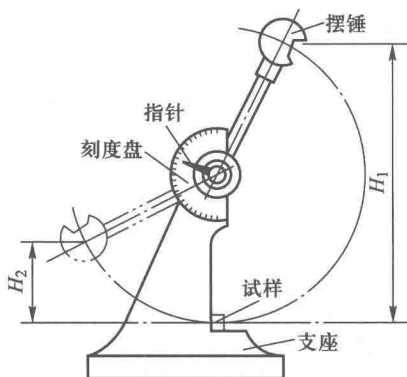


图 1-5 摆锤冲击试验机

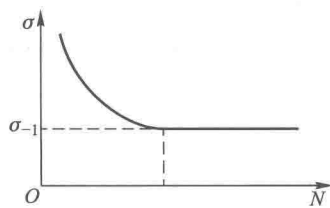


图 1-6 疲劳曲线

法,如提高零件的表面质量、进行喷丸处理和表面热处理等。同时,应控制材料的内部质量,避免气孔、夹渣等缺陷。

第二节 金属材料的物理、化学及工艺性能

一、物理性能

金属材料的物理性能主要有密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。由于机器零件的用途不同,对其物理性能的要求也有所不同。例如,飞机零件常选用密度较小的铝、镁、钛合金来制造;设计电动机、电器零件时,常要考虑金属材料的导电性、磁性等。

金属材料的物理性能有时对加工工艺也有一定的影响。例如,高速钢导热性较差,锻造加热时应采用低的速度来加热升温,否则容易产生裂纹;而材料的导热性对切削刀具温升也有重要影响。又如,锡基轴承合金、铸铁和铸钢的熔点不同,故所选的熔炼设备、铸型材料均有很大的不同。

二、化学性能

金属材料的化学性能主要是指在常温或高温时,抵抗各种介质侵蚀的能力,如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

对于在腐蚀性介质中或在高温下工作的机器零件,由于比在空气中或室温时的腐蚀更为强烈,故在设计这类零件时应特别注意金属材料的化学性能,采用化学稳定性良好的合金。如化工设备、医疗和食品用具常采用不锈钢来制造,而内燃机的排气阀、汽轮机和电站设备的一些零件则常选用耐热钢来制造。

三、工艺性能

工艺性能是金属材料物理、化学性能和力学性能在加工过程中的综合反映,是指是否易于进行冷、热加工的性能。按工艺方法的不同,可分为铸造性能、可锻性、焊接性和切削加工性等。

在设计零件和选择工艺方法时,都要考虑金属材料的工艺性能。例如,灰铸铁的铸造性能优良,这是其广泛用来制造铸件的重要原因,但可锻性很差,不能进行锻造,焊接性能也较差。又如,低碳钢的焊接性优良,而高碳钢则很差,因此焊接结构广泛采用的是低碳钢。

各种工艺性能将在后面的有关篇章中分别介绍。

复 习 题

(1) 什么是应力? 什么是应变?

(2) 缩颈是如何产生的? 缩颈发生在拉伸曲线上哪个线段? 如果没有出现缩颈现象,是否表示该试样没发生塑性变形?

(3) 对于具有力学性能要求的零件,为什么在零件图上通常仅标注其硬度要求,而极少标注其他力学性能要求?