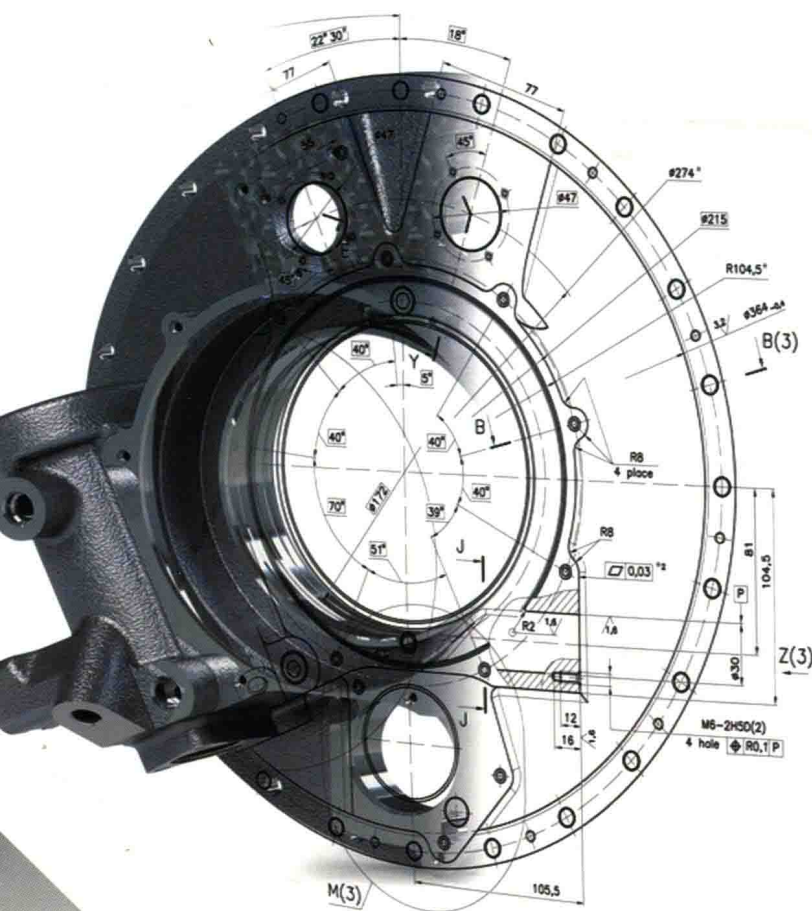




高职高专“十三五”规划教材——机电专业系列

机械制造基础 项目教程

主编 何世松 鲁 佳



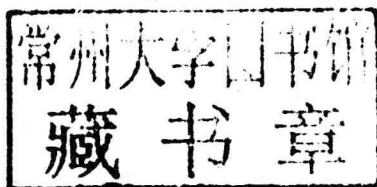
东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

配套课件
习题答案等
教学资源
免费提供

高职高专“十三五”规划教材——机电专业系列

机械制造基础项目教程

主 编 何世松 鲁 佳
副主编 于海丽 贾颖莲 鲁华丽
参 编 曾勇刚 陈运胜



东南大学出版社

• 南京 •

内 容 简 介

本书按照新的高等职业教育教学理念和发展规律编写,以工作过程为导向,以典型工作任务为载体设计学习项目,使学生在学中做、做中学,实现知识与技能并进。在编写中打破传统学科体系下的编排方式,采用“项目导向、任务驱动”的编写方式,每个项目下包含若干任务,每个任务均按“任务导入、应知应会、检查评估”三个步骤进行编写。

本书主要分两大部分内容:一是工程材料的分类及其选用,主要包含各种金属材料和非金属材料的分类、性能、化学成分、用途,以及钢铁的热处理等内容;二是热加工知识和技能,包含铸造、锻压、焊接、胶接与塑料制品成型、快速成型与3D打印、毛坯的选用等内容。

本书可用于高等职业教育或应用技术型高等教育汽车制造与装配技术、数控技术、机电一体化技术、模具设计与制造等机械类和近机类专业“机械制造基础”或“工程材料及成型”等课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础项目教程 / 何世松,鲁佳主编.

— 南京:东南大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5641-6482-9

I. ①机… II. ①何…②鲁… III. ①机械制造—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 098808 号

机械制造基础项目教程

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼2号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销:全国各地新华书店

印 刷:常州市武进第三印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:368千字

版 次:2016年5月第1版

印 次:2016年5月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-6482-9

定 价:36.00元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

前 言

本书是“国家骨干高职院校建设项目”(编号:12-15)机械类和近机类专业《机械制造基础》课程的建设成果,按照工作过程系统化的理念重新整合了工程材料及成型工艺的内容,主要围绕学生“应知应会”的知识和技能进行编写。全书力求体现以下特色:坚持“以工作过程为导向”,以典型工作任务为载体设计学习项目,教学过程“以任务为载体、学生为主体、能力训练为目标”,使学生在学中做、做中学,实现知识与能力并进。

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》《关于深化职业教育教学改革 全面提高人才培养质量的若干意见》等文件精神及教学改革实际需要,本书在编写中采用“项目导向、任务驱动”的编写方式,每个项目下包含若干任务,每个任务均按“任务导入、应知应会、检查评估”三个步骤进行编写,打破传统学科体系下的编排方式。其中“任务导入”主要提示和本项目相关的工作案例、学习任务和目的等;“应知应会”是本任务的正文内容,主要围绕完成材料选用、零件加工等所需的理论知识和操作技能的介绍,包含但不全包含工艺知识、材料知识、机床、刀具、夹具知识、工量具正确使用与保养等;“检查评估”主要是任务结束后对学生考核用的习题、实训等。

本书的参考学时数为 64 学时,主要分两大部分内容:一是工程材料的分类及其选用,主要包含各种金属材料和非金属材料的分类、性能、化学成分、用途,以及钢铁的热处理等内容;二是热加工,包含铸造、锻压、焊接、毛坯的选用、胶接与塑料制品成型、快速成型及 3D 打印等内容。

全书由江西交通职业技术学院何世松、平顶山工业职业技术学院鲁佳担任主编,新疆农业职业技术学院于海丽、江西交通职业技术学院贾颖莲、仙桃职业学院鲁华丽担任副主编,江西交通职业技术学院曾勇刚、广州华立科技职业学院陈运胜参与编写。

本书在编写过程中参考了有关教材、专著等资料,一一列在了书后的参考文献中,在此一并对作者表示衷心的感谢!

囿于编写水平,书中定有缺点甚至错误,恳请广大读者批评指正,以便再版时修正。

编者

2016 年 5 月

目 录

课程标准	1
项目一 工程材料的分类及其选用	5
任务一 工程材料的主要性能及测定	6
任务二 金属的晶体结构与结晶	14
任务三 铁碳合金	22
任务四 钢的热处理	29
任务五 铸铁的分类及其选用	48
任务六 钢的分类及其选用	58
任务七 铝与铝合金的分类及其选用	71
任务八 铜与铜合金的分类及其选用	76
任务九 非金属材料的分类及其选用	82
任务十 机械零件的失效分析及选材	92
项目二 铸造	99
任务一 金属的砂型铸造	100
任务二 金属的特种铸造	117
项目三 锻压加工	125
任务一 金属的锻造	126
任务二 板料的冲压	148
项目四 焊接	159
任务一 焊条电弧焊	159
任务二 其他焊接方法	185
项目五 胶接与塑料制品成形	191
任务一 胶接	191
任务二 塑料制品成形	194
项目六 快速成形与 3D 打印	203
任务一 快速成形	203
任务二 3D 打印	205

项目七 毛坯的选用.....	212
任务一 毛坯的选用原则.....	212
任务二 典型零件毛坯的选用.....	217
参考文献.....	220



课程 标准

一、课程名称

本课程名称为《机械制造基础》或《工程材料及成形》。

二、课程性质

本课程是汽车制造与装配技术、数控技术、模具设计与制造、机械制造与自动化等专业学生重要的核心课程,是一门研究工程材料及其成形的综合性技术基础课。

本课程的工作任务是:通过若干项典型工作任务的学习,即工件材料的选择和应用、毛坯的确定、工件热处理、热加工工艺路线的设计,使学生具备必需的机械制造知识和技能。这些典型工作任务是机械零件的设计、制造、设备维护等工作中的基本任务,都是独立的工作任务,对学生职业能力培养起主要支撑作用,对学生职业素养养成起明显促进作用。

为了充分贯彻以能力培养为主的教育理念,《机械制造基础》课程摒弃传统的教学模式,通过企业调研、专家座谈等形式对学生毕业后对应的工作岗位进行了分析,在工作岗位分析的基础上,确定了本课程对应的典型工作任务,开发了本课程的学习领域并最终形成了“项目导向、任务驱动”的教学模式。

本课程的实践性、应用性和针对性都很强,为保证课程顺利进行,本课程应同时安排《金工实训》教学。通过金工实训,了解金属材料主要加工方法及其所用设备、附件、工具、刀具,并对主要机械制造工种具有一定基本操作技能。将金工实训中所获得的比较零散的、片面的知识进行归纳、总结、拓宽、加深和应用,从而达到本课程预期的教学目的和要求。在教学过程中应加强多媒体教学、现场教学和工厂参观,以拓宽学生机械制造的知识面。

三、教学目标

《机械制造基础》学习领域的主要任务是培养学生具有机械零件常用材料的基本知识、材料性能的测定、热处理知识、毛坯生产方法知识以及培养学生选择机械零件材料、毛坯生产方法、热处理方法的能力。通过完成典型零件生产过程的工艺训练,培养学生分析问题、解决问题的能力及团队协作能力。

1. 方法能力目标	A. 具有较好的学习新知识和新技能的能力; B. 具有较好的分析和解决问题的方法能力; C. 具有查找资料、文献获取信息的能力; D. 具有制订、实施工作计划的能力。
2. 社会能力目标	A. 具有严谨的工作态度和较强的质量和成本意识; B. 具有较强的敬业精神和良好的职业道德; C. 具有较强的沟通能力及团队协作精神。

续表

3. 专业能力目标	A. 能使用常见测量仪器测定工程材料的力学性能、物理性能、化学性能; B. 能根据机械零件的性能要求和材料的性能、应用范围,正确选择典型机械零件的材料种类和牌号; C. 能根据机械零件的结构和用途,选择典型机械零件的毛坯生产方法; D. 能根据机械零件的材料和性能要求,选择典型零件的热处理方法; E. 能根据机械零件的材料种类、毛坯种类、用途,合理安排毛坯成形的工艺路线; F. 能根据机械零件的材料、毛坯生产方法等,正确分析零件结构工艺性; G. 会使用常用量具检测加工零件的质量。
-----------	---

四、与前后课程的联系

前修学习领域课程主要有《机械制图与识图》《AutoCAD 机械图样绘制与输出》等,后续学习领域课程主要有《数控编程与仿真加工》《SolidWorks 三维建模与装配》《毕业顶岗实习》等专业课。

五、教学内容与学时分配

本课程总学时:约 64 学时。

在课程培养目标确定之后,授课教师与企业技术人员一起研讨,通过对本课程对应的典型工作任务进行分析,依据机械制造企业典型机械零件制造工作中常见的工作任务归纳出具有普遍适应性的 7 个学习性项目,各项目学时分配建议如下表所示。

项目序号	项目名称	所用课时
项目一	工程材料的分类及其选用	18
项目二	铸造	12
项目三	锻压加工	10
项目四	焊接	10
项目五	胶接与塑料制品成形	6
项目六	快速成形与 3D 打印	4
项目七	毛坯的选用	4
合计(课时)		64

六、对教师的要求

教师首先要转变观念,在教学中融入最新职业教育理念,强调理实一体化教学方式的实施,全面提高学生的知识和技能的培养。

传统的教学模式是以教师的课堂讲解为主,学生被动地接受知识,学生的学习目标不明确,学习积极主动性和学习效果差;实行新的行动导向教学模式后,教师和学生在教学中的地位发生了改变,学生成为教学过程的主体,教师的作用不再是知识灌输,而是转变为提出任务、进行引导、说明原理、提供示范、评估结果,学生的学习转变为在教师引导下,独立进行信息查

询、制订计划、完成任务、进行评估。新的教学模式下,全体学生始终处于教学过程的主体地位,整个学习过程以实际的工作过程为基础,学生在工作任务的驱动下学习理论知识和操作技能,学习的主动性和积极性高,学习效果好。

七、对实验实训场所及教学仪器设备的要求

机械制造基础课程应配有机械零件陈列室、模具陈列室、力学性能检测室、热处理实训室、金相实训室、铸造实训室、电焊实训室、锻压实训室、专业机房等校内实验实训场所,以便能完全满足行动导向教学和学生职业岗位能力训练需要。本课程所需的实验实训设备如下表所示(各院校可根据实际情况进行调整)。

序号	仪器或设备名称	数量	序号	仪器或设备名称	数量
1	金相显微镜(台式)	20 台	17	扭转力学试验机	1 台
2	卧式显微镜	1 台	18	冲击试验机	1 台
3	布洛维硬度计	4 台	19	交流电焊机	10 台
4	洛氏硬度计	4 台	20	直流电焊机	1 台
5	布氏硬度计	1 台	21	气焊设备	1 套
6	显微硬度计	1 台	22	二氧化碳气体保护焊机	1 套
7	金相试样镶嵌机	1 台	23	开式可倾压力机	2 台
8	金相试样预磨机	6 台	24	剪板机	1 台
9	金相试样抛光机	10 台	25	钳工台工位	40 个
10	箱式热处理炉(中温)	3 台	26	演示教具	若干
11	箱式热处理炉(高温)	1 台	27	三坐标测量机	1 台
12	坩锅炉	2 台	28	3D 打印机	1 台
13	低温油浴炉	2 台	29	注塑机	2 台
14	淬火槽	油水各 1	30	锯床	1 台
15	金相照片洗印设备	2 套	31	通用量具	10 套
16	万能力学试验机	1 台			

八、考核方式与标准

考核步骤	考核内容	知识能力(30%)	专业能力(70%)
		每部分所占分数	每部分所占分数
项目考核	项目一 工程材料的分类及其选用	6	18
	项目二 铸造	4	8
	项目三 锻压加工	4	8
	项目四 焊接	4	8
	项目五 胶接与塑料制品成形	2	4
	项目六 快速成形与 3D 打印	2	4
	项目七 毛坯的选用	2	4
综合考核	典型毛坯的制造过程	6	16
总分(百分制)		30	70



工程材料是现代工农业生产赖以存在和发展的必备物质基础。人类生活、生产的过程是使用材料和将材料加工成成品的过程,材料使用的能力和水平标志着人类的文明和进步程度。人类发展的历史时代按人类对材料的使用分为石器时代、青铜器时代、铁器时代等。在当今社会,能源、信息和材料已成为现代化技术的三大支柱,而能源和信息的发展又依托于材料。因此,世界各国都把材料的研究、开发放在突出的地位,我国的“863”计划把材料列为七个优先发展的领域之一。

工程上所用的各种金属材料、非金属材料 and 复合材料统称为工程材料。工程材料是机械产品制造所必需的物质基础,是工业的“粮食”。工程材料的使用与人类进步密切相关,标志着人类文明的发展水平。所以,历史学家将人类的历史按使用材料的种类划分成了石器时代、陶器时代、铜器时代和铁器时代等。公元 1368 年,明代科学家宋应星编著了闻名世界的《天工开物》,详细记载了冶铁、铸造、锻铁、淬火等各种金属加工制造方法,是最早涉及工程材料及成形技术的著作之一。早在公元前 2000 年左右的青铜器时代,人类就开始了对工程材料的冶炼和加工制造。公元前 2000 多年的夏代,我国就掌握了青铜冶炼术,到距今 3 000 多年前的殷商、西周时期,技术达到当时世界最高水平,用青铜制造的生产工具、生活用具、兵器和马饰得到普遍应用。河南安阳武官村发掘出来的重达 875 kg 的祭器司母戊大方鼎,不仅体积庞大,而且花纹精巧,造型美观。湖北江陵楚墓中发现的埋藏 2 000 多年的越王勾践的宝剑仍闪闪发亮,说明人们已掌握了锻造和热处理技术。春秋战国时期,我国开始大量使用铁器,白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁相继出现。在陶瓷及天然高分子材料(如丝绸)方面,我国也曾远销欧亚诸国,踏出了名垂千古的丝绸之路,为世界文明史添上了光辉的一页。19 世纪以来,工程材料获得了高速发展,到 20 世纪中期,金属材料的使用达到鼎盛时期,由钢铁材料所制造的产品约占机械产品的 95%。

今后的发展趋势是传统材料不断扩大品种规模,不断提高质量并降低成本,新材料特别是人工合成材料等将得到快速发展,从而形成金属、高分子、陶瓷及复合材料三分天下的新时代。另外,功能材料、纳米材料等高科技材料将加速研究,逐渐成熟并获得应用。工程材料业已成为所有科技进步的核心。

工程材料按物质结构分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料、复合材料等。目前金属材料仍是最主要、使用最广泛的工程材料。金属材料的性能与其化学成分、显微组织及加工工艺之间有着密切的关系,了解它们之间的关系,掌握它们之间的一些变化规律,是有效使用材料所必需的。本书在概括地阐述合金一般规律的基础上,以最常用的金属材料——钢为实例,较详细地介绍了钢的性能与化学成分、显微组织和热处理工艺之间的关系。近年来,

非金属材料发展迅速,在机械工程中的地位不断上升,故本模块还简要介绍了塑料、橡胶和陶瓷等非金属材料。

任务一 工程材料的主要性能及测定

任务导入

1. 掌握工程材料的主要性能指标及含义。
2. 掌握工程材料主要性能特别是力学性能的测定方法。

应知应会

为了正确、合理地使用各种工程材料,对其性能的了解是十分必要的。工程材料的性能包括使用性能和工艺性能,如图 1-1。使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的性能,如力学性能、物理性能、化学性能等;工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能,如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能等。一般机械零件常以力学性能作为设计和选材的依据。金属材料的力学性能是指材料在外力作用下所表现出来的特性,常用的指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

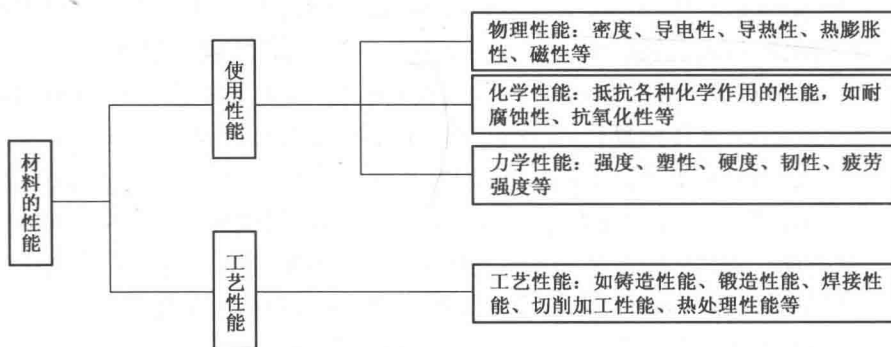


图 1-1 材料的性能

1.1.1 工程材料的力学性能

1) 强度和塑性

材料在外力作用下,会产生尺寸和形状的变化。这种外力通常称为载荷,尺寸和形状的变化叫变形。载荷与变形的关系可通过拉伸试验的方法来确定。

拉伸试验是测定静态力学性能指标常用的方法。通常将材料制成标准试样,如图 1-2 所示为常用的圆形拉伸试样($l_0 = 10d_0$ 或 $l_0 = 5d_0$),装夹在拉伸试验机上,对试样缓慢加载,使之不断产生变形,直至试样断裂。根据拉伸试验过程中的载荷和对应的变形量的关系,可画出材料的拉伸曲线。图 1-3 所示是低碳钢的拉伸曲线,图中纵坐标表示载荷 F ,单位为 N ;横坐标表示变形量 Δl ,单位为 mm 。通过拉伸曲线可测定材料的强度和塑性。

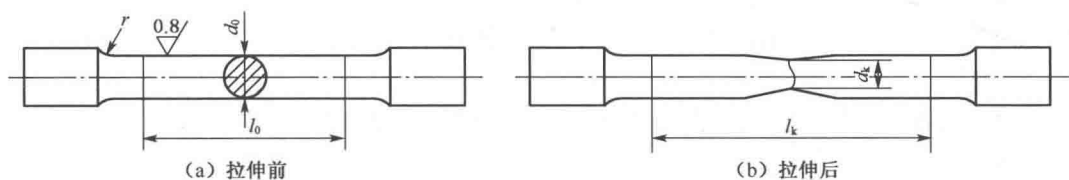


图 1-2 圆形拉伸试样简图

(1) 强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。抵抗塑性变形和断裂的能力越大,则强度越高。常用的强度指标是屈服点和抗拉强度。

材料在外力作用下发生变形的同时,在内部会产生一个抵抗变形的内力,其大小与外力相等而方向相反。

单位面积上的内力称为应力,单位为帕(Pa)。工程上常用兆帕(MPa), $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ 或 $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$, 应力常用符号 σ 表示。

① 屈服点

由图 1-3 可知,当载荷增加到 F_s 时,在不再增加载荷的情况下,试样仍然继续伸长,这种现象称为屈服。屈服点是指试样产生屈服现象时的最小应力,即开始出现塑性变形时的应力,通常用 σ_s 表示。即:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \text{ MPa}$$

式中: F_s ——试样产生屈服时的拉伸力, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

对于低塑性材料或脆性材料,由于屈服现象不明显,常以产生一定的微量塑性变形(一般以残余变形量达到 $0.2\% l_0$) 的应力为屈服点,用符号 $\sigma_{r0.2}$ 表示,称为条件屈服点。即:

$$\sigma_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S_0} \text{ MPa}$$

式中: $F_{r0.2}$ ——塑性变形量为 $0.2\% l_0$ 时的拉伸力, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

② 抗拉强度

当载荷超过 F_s 以后,试样将继续产生变形,载荷达到最大值后,试样产生缩颈,有效截面急剧减小,直至产生断裂。抗拉强度是试样断裂前能够承受的最大拉应力,用 σ_b 表示。即:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \text{ MPa}$$

式中: F_b ——试样断裂前能承受的最大拉伸力, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

工程上所用的金属材料,不仅希望具有较高的屈服强度 σ_s , 还希望具有一定的屈强比 ($\sigma_s /$

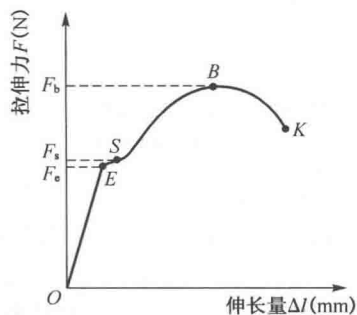


图 1-3 低碳钢的拉伸曲线

σ_b)。屈强比越小,零件可靠性越高,使用中超载不会立即断裂。但屈强比太小,则材料强度的有效利用率降低。一般在性能允许的情况下,屈强比在 0.75 左右较为合适。

(2) 塑性

金属材料在外力作用下发生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。常用的指标有断后伸长率和断面收缩率。

① 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉伸断裂后的标距伸长量与原始标距的百分比,用符号 δ 表示。即:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中: l_0 ——试样原始标距长度,mm;

l_k ——试样断裂后的标距长度,mm。

断后伸长率的大小与试样尺寸有关。长试样的断后伸长率用 δ_{10} 或 δ 表示,短试样的断后伸长率用 δ_5 表示,同一材料的 $\delta_{10} < \delta_5$,但二者不能直接比较。

② 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处(断口处)横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用符号 ψ 表示。即:

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0}$$

式中: S_0 ——试样原始横截面积,mm²;

S_k ——试样拉断后缩颈处最小横截面积,mm²。

一般 δ 和 ψ 的数值越大,材料的塑性越好。塑性直接影响到零件的成形加工及使用,如钢的塑性较好,能通过锻造成形;而普通铸铁的塑性差,不能进行锻造,只能进行铸造。另外,塑性好的零件在工作时若超载,因其塑性变形可避免突然断裂,从而提高了工作安全性。

2) 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。通常材料的硬度越高,其耐磨性越好,强度也越高。

材料的硬度可通过硬度试验的方法测得。测定硬度的方法比较多,常用的硬度试验方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

(1) 布氏硬度

布氏硬度试验原理见图 1-4。用直径为 D 的硬质合金球作压头,以相应的试验力 F 将压头压入试样表面,并保持一定的时间,然后卸除试验力,在试样表面得到一直径为 d 的压痕。用试验力除以压痕表面积,所得值即为布氏硬度值,用符号 HBW 表示,即:

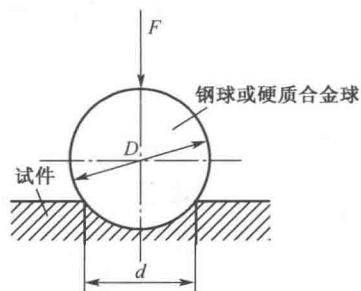


图 1-4 布氏硬度试验原理示意图

$$HBW = \frac{F}{A_{压}} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ kgf/mm}^2 \text{ (试验力 } F \text{ 单位用 kgf)}$$

$$\text{HBW} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ N/mm}^2 \text{ (试验力 } F \text{ 单位用 N)}$$

式中: D ——压头直径, mm;

$A_{\text{压}}$ ——压痕球形表面积, mm^2 ;

F ——试验力, N (1 kgf = 9.8 N);

d ——压痕平均直径, mm。

试验时只要测量出压痕的平均直径 d , 即可通过查表得出所测材料的布氏硬度值。 d 值越大, 硬度值越小; d 值越小, 硬度值越大。

布氏硬度表示方法: 硬度值一般不标单位, 在符号 HBW 前写出硬度值, 符号后面用数字依次表示压头直径、试验力及试验力保持时间 (10~15 s 不标) 等试验条件。例如, 120 HBW10/1 000/30 表示用直径为 10 mm 的硬质合金球做压头在 1 000 kgf 试验力作用下保持 30 s 所测得的布氏硬度值为 120 HBW。一般在零件图或工艺文件上标注材料要求的布氏硬度时, 不规定试验条件, 只需标出要求的硬度值范围和硬度符号, 如 210~230 HBW。

在测定软硬不同材料或厚薄不一工件的布氏硬度值时, 可参考有关手册选用不同大小的试验力 F 和压头直径 D 。一般来说, 选用不同的 F/D^2 比值所测得的布氏硬度值不能直接比较。

布氏硬度试验的优点是测定的数据准确、稳定、数据重复性强, 常用于测定硬度值小于 650 HBW 的退火、正火、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。其缺点是操作不太简便, 且压痕较大, 易损坏成品表面, 故不宜测定薄件和成品件的硬度。

(2) 洛氏硬度

洛氏硬度试验原理见图 1-5。采用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm 的淬火钢球作压头, 在初始试验力 F_0 及总试验力 F (初始试验力 F_0 与主试验力 F_1 之和) 分别作用下压入金属表面, 经规定保持时间后, 卸除主试验力 F_1 , 测定此时残余压痕深度。用压痕深度的大小来表示材料的洛氏硬度值, 并规定每压入 0.002 mm 为一个洛氏硬度单位。图中 0-0 是金刚石压头没有与试样接触时的位置, 1-1 是压头在初始载荷作用下压入试样 b 位置, 2-2 是压头在全部规定试验力 (初试验力 + 主试验力) 作用下压入试样 c 位置, 3-3 是卸除主试验力保留初试验力后压头的位置 d 。所以压痕的深度 $h = bd$ 。洛氏硬度用符号 HR 表示, 其计算公式为:

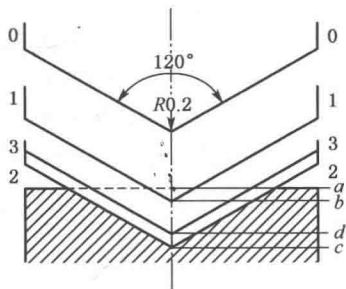


图 1-5 洛氏硬度试验原理示意图

$$\text{HR} = C - \frac{h}{0.002}$$

式中: h ——压痕深度;

C ——常数, 当压头为淬火钢球时 $C = 130$, 压头为金刚石圆锥时 $C = 100$ 。

材料越硬, h 越小, 所测得的洛氏硬度值越大。

淬火钢球压头多用于测定退火件、有色金属等较软材料的硬度, 压入深度较深; 金刚石压头多用于测定淬火钢等较硬材料的硬度, 压入深度较浅。

实际测定洛氏硬度时,被测材料的硬度可直接在硬度计指针所指示的刻度值读出。

为了能用一种硬度计测定不同软硬金属材料的硬度,可采用不同的压头与总试验力,组合成几种不同的洛氏硬度标尺。我国常用的是 HRA、HRB、HRC 三种,其中 HRC 应用最广。其试验规范见表 1-1。洛氏硬度无单位,须标明硬度标尺符号,在符号前面写出硬度值,如 60HRC、82HRA。

洛氏硬度试验的优点是操作迅速、简便,硬度值可从表盘上直接读出;压痕较小,可在工件表面试验;可测量较薄工件的硬度,因而广泛用于热处理质量的检验。其缺点是因压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料所测结果不够准确,通常需要在材料的不同部位测试数次,取其平均值来代表材料的硬度。此外,用不同标尺测得的硬度值彼此之间没有联系,也不能直接进行比较。

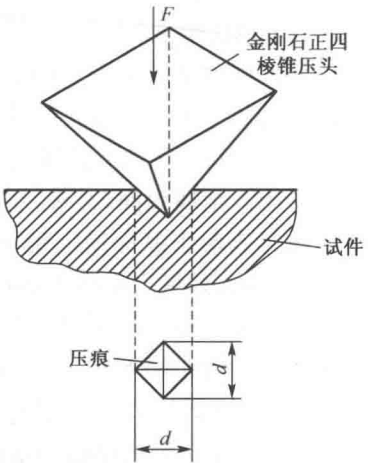
表 1-1 洛氏硬度试验规范

硬度符号	压头类型	总载荷(N)	测量范围 HR	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4	70~88	碳化物、硬质合金、淬火工具钢、浅层表面硬化钢等
HRB	φ1.588 mm 钢球	980.7	20~100	软钢、铜合金、铝合金、可锻铸铁
HRC	120°金刚石圆锥	1 471.1	20~70	淬火钢、调质钢、深层表面硬化钢

注:HRA、HRC 所用刻度为 100,HRB 为 130。

(3) 维氏硬度

维氏硬度的测定原理基本上和布氏硬度相似,也是以单位压痕面积的力作为硬度值计量。所不同的是所加试验力较小,压头是锥面夹角为 136°的金刚石正四棱锥体,如图 1-6 所示。试验时在试验力 F 作用下,在试样表面上压出一个正方形锥面压痕,测量压痕对角线的平均长度 d ,计算压痕的面积 S ,以 F/S 的数值来表示其硬度值,用符号 HV 表示。



$$HV = 0.102 \frac{F}{S} = 0.189 \frac{F}{d^2}$$

式中: F ——试验力,N;

d ——压痕对角线算术平均值,mm。

HV 可根据所测得的 d 值从维氏硬度表中直接查出。

维氏硬度表示方法:在符号 HV 前方标出硬度值,在 HV 后面按试验力大小和试验力保持时间(10~15 s 不标出)的顺序用数字表示试验条件。例如:640HV30/20 表示用 30 kgf 试验力保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640 HV。

维氏硬度试验法所用试验力小,压痕深度浅,轮廓清晰,数值准确可靠,广泛用于测量金属镀层、薄片材料和化学热处理后的表面硬度,且其试验力可在较大范围内选择(49.03~980.7 N),故可测量从很软到很硬的材料。维氏硬度试验法的缺点:不如洛氏硬度试验简便迅速,不适于成批生产的常规试验。

硬度试验所用设备简单,操作简便、迅速,可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被测件,并且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此,硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能,应用广泛。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

3) 韧性

生产中许多零件是在冲击载荷作用下工作的,如内燃机的活塞连杆、锻锤锤头、冲床冲头、锻模、凿岩机零件等。由于外力的瞬时冲击作用所引起的变形和应力比静载荷大得多,因此在设计承受冲击载荷的零件和工具时,不仅要满足强度、塑性、硬度等性能要求,还必须有足够的韧性。

(1) 冲击吸收功

韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力,它表示金属材料抵抗冲击的能力。韧性的指标是通过冲击试验确定的。目前常用的方法是摆锤式一次冲击试验,其试验原理如图 1-7 所示。

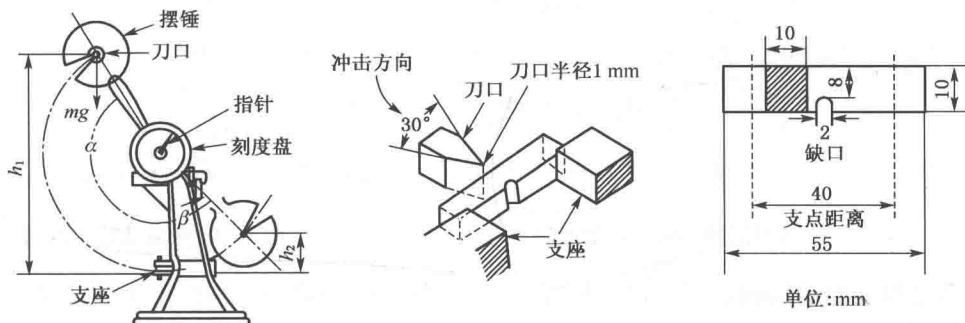


图 1-7 摆锤冲击试验机、试样及试样安装法

试验是在摆锤式一次冲击试验机上进行的。试验时,把按规定制作好的标准冲击试样水平放在试验机支座上,U形缺口(脆性材料不开缺口)位于冲击相背方向,并用样板使缺口位于支座中间。然后将具有一定重量(质量为 m)的摆锤举至一定高度 h_1 ,然后自由落下,将试样冲断。由于惯性,摆锤冲断试样后继续上升到某一高度 h_2 。根据功能原理可知:摆锤冲断试样所消耗的功 $A_K = mgh_1 - mgh_2$ 。 A_K 称为冲击吸收功,单位焦耳(J),可从冲击试验机上直接读出。用 A_K 除以试样缺口处的横截面积 S 所得的商即为该材料的冲击韧度,用符号 α_K 表示,即:

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S} \quad \text{J/cm}^2$$

国家标准规定采用 A_K 作为韧性指标。 A_K 越大,材料的韧性越好。

冲击吸收功 A_K 与温度有关,见图 1-8。 A_K 随温度的降低而减小,在某一温度区域, A_K 急剧变化,此温度区域称为韧脆转变温度。韧脆转变温度越低,材料的低温抗冲击性能越好。

冲击吸收功 A_K 还与试样形状、尺寸、表面粗糙度、内部组织和缺陷等有关。因此。冲击吸收功一般作为选材的参考,而不能直接用于强度计算。

(2) 多冲抗力

在实际使用中,零件很少受一次大能量冲击而破坏,一般是受多次($>10^3$)冲击之后才会断裂。金属材料抵抗小能量多次冲击的能力叫做多冲抗力。多冲抗力可用在一定冲击能量下的冲断周次 N 表示。研究表明,材料的多冲抗力取决于材料强度与韧性的综合力学性能,冲