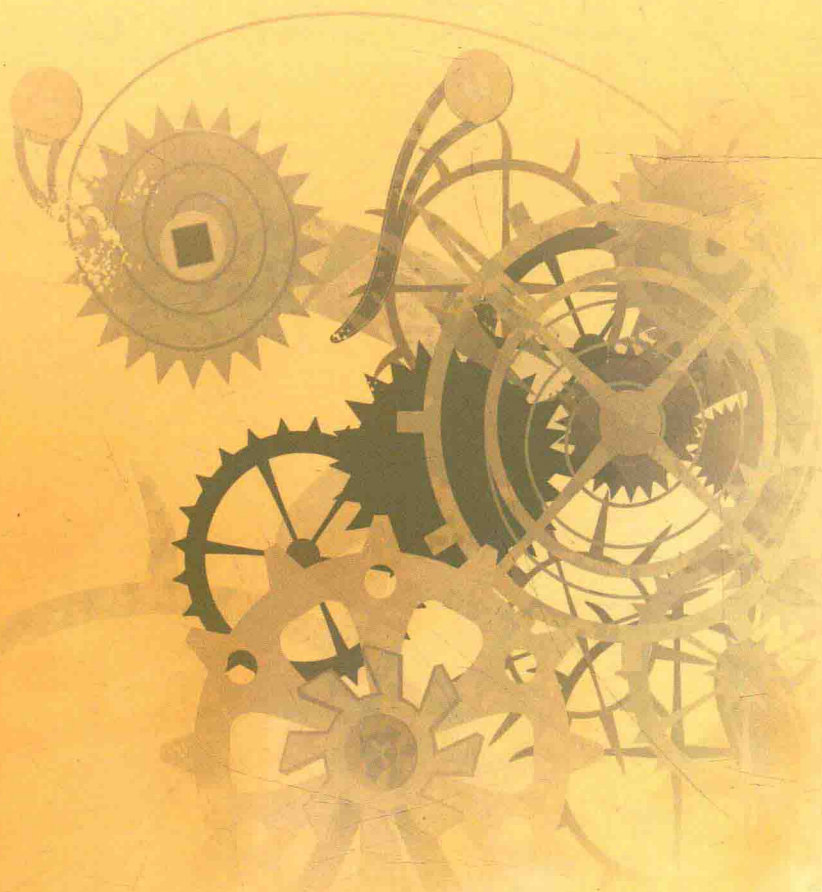


工程训练

Gongcheng Xunlian

李安铭 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

工程训练

主 编 李安铭

副主编 刘宝忠 李 强 和平安

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

按照工程训练大纲的要求,本书内容的重点是介绍零件的选材及热处理工艺、零件毛坯制造方法和机械零件的加工工艺。为了使学生掌握工程训练的基础知识和基本操作方法,书中介绍了常用材料的性能、常用成型工艺的特点和适用范围、各种机械加工方法的特点和适用范围、常用机械加工设备和工具的使用方法。为便于学生掌握基本知识,在每章附有复习思考题;为引导学生重视安全生产、遵守安全生产规章制度,每章附有安全技术规程。

本书可以作为普通高校工科专业本科工程训练学习教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练 / 李安铭主编. — 徐州:

中国矿业大学出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5646-2517-7

I. ①工… II. ①李… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 246130 号

书 名 工程训练
主 编 李安铭
责任编辑 于世连
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 262 千字
版次印次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

《工程训练》教材的目的是帮助学生正确选用工程材料和机械零件加工方法,并通过工程训练使学生逐步熟悉该方面的知识,这对一个工科学生是非常重要的。按照工程训练大纲的要求,本书内容的重点是介绍零件的选材及热处理工艺、零件毛坯制造方法和机械零件的加工工艺。为了使学生掌握工程训练的基础知识和基本操作方法,书中介绍了常用材料的性能、常用成型工艺的特点和适用范围、各种机械加工方法的特点和适用范围、常用机械加工设备和工具的使用方法。在介绍机械加工设备时,以外部结构、用途和使用方法为主;在介绍零件加工方法时,以操作过程和操作方法为主。为便于学生掌握基本知识,在每章附有复习思考题。

考虑到工程训练教学的规律和特点,全书内容和文字力求简明扼要,篇幅紧凑,以利于学生学习。由于非机械类专业学生只进行工程训练而没有开设金属工艺学理论教学,为使工程训练教材有较大的通用性,书中适当增加一些基础知识内容,如钢铁材料及热处理基础知识、零件结构工艺性和毛坯生产工艺的选择等,以适应不同专业学生的特点和要求。

参加本书编写工作的有河南理工大学李安铭(第二章、第三章第一节)、李强(第一章、第三章第二节至第六节)、刘宝忠(第四章、第五章)、和平安(第六章、第七章)。全书由李安铭任主编,由刘宝忠、李强、和平安任副主编。河南理工大学工程训练中心的张英琦、邓小玲以及其他教师对本书编写工作给予了指导和帮助,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中一定存在不少缺点和错误,恳切广大读者批评改正。

编 者

2015年1月

目 录

第一章 工程训练概述	1
第二章 零件的选材及热处理工艺	4
第一节 材料的力学性能	4
第二节 常用工程材料	10
第三节 热处理工艺及设备	21
第四节 零件的选材	28
小结	31
复杂思考题	31
第三章 零件毛坯的生产	32
第一节 零件毛坯生产工艺的选择	32
第二节 铸造	35
第三节 压力加工	43
第四节 焊接	59
第五节 零件毛坯的质量检验	72
第六节 零件毛坯生产工艺的比较	74
第七节 热加工安全操作规程	75
小结	76
复习思考题	77
第四章 零件的加工	79
第一节 切削加工	79
第二节 车削加工	83
第三节 铣削加工	94
第四节 刨削加工	101
第五节 磨削加工	106
第六节 特种加工	111
第七节 数控加工	114
第八节 机械加工安全操作规程	118
小结	119
复习思考题	120

第五章 机器的装配	121
第一节 钳工基本知识	121
第二节 钳工主要工艺	122
第三节 机械的装配与拆卸	130
第四节 机械装配安全操作规程	131
小结	132
复习思考题	132
第六章 现代工业系统及管理概论	134
第一节 现代工业系统概论	134
第二节 管理概论	135
小结	144
复习思考题	145
第七章 机件的常用表达方法	146
第一节 视图	146
第二节 剖视图	148
第三节 断面图	151
第四节 局部放大图	153
第五节 表达方法综合举例	154
第六节 焊接符号	155
小结	159
复习思考题	159
参考文献	160

第一章 工程训练概述

- 为什么要开设工程训练课?
- 工程训练课的任务是什么?
- 如何上好工程训练课?

一、工程实训的目的

工程实训是一门实践性的技术基础课,是学生接触实际生产和训练实践技能的必要途径,是将知识转化为能力的桥梁。工程实训的主要目的是巩固和加深学生所学的理论知识,并将其系统化。通过学习现代机械和工业电器的生产方式和工艺过程,了解工程材料的成形方法和主要机电产品的加工方法及所用设备的工作原理和典型结构,是培养复合型人才和建立多学科知识结构的重要基础。

工程训练中心是生产、教学、科研三结合的基地。工程实训课程一般在学校工程训练中心进行。该课程教学内容丰富,学生直接参与生产实践,操作各种设备,独立完成机械零件的加工制造全过程。因此,在实训过程中可培养学生的实践观点、劳动观点和团队协作精神,培养学生综合运用所学知识解决实际问题的能力和初步的创新设计能力,为把学生培养成高质量的人才奠定基础。

二、工程实训的任务

- (1) 了解常用工程材料的种类、成分、组织结构和加工成型方式。
- (2) 了解常用工程产品生产的基本过程,所用设备的基本原理及操作知识,掌握安全生产知识及注意事项。
- (3) 初步认识常用产品装配和调试的操作规程,学会按照误差要求进行产品生产制造。
- (4) 通过本课程的教学实践,使学生具备工程技术人员应有的基本素质。培养学生的劳动观念、质量观念、成本意识、环保意识以及遵章守纪的作风,全面提升学生素质,培养高质量、高层次、复合型工程技术人才。
- (5) 工程实训后,学生应具备较强的工程实践能力和开拓创新能力,应具有独立设计产品和完成产品生产的能力,同时应具备较强的竞争意识和市场观念。

三、工程实训的要求

工程训练是工科院校学生的基础课程。通过该课程的学习使非机类学生初步掌握工程材料基本知识、初步掌握材料成型的基本方法和简单零件的加工工艺过程,初步掌握一些基本的机械制造方法和操作技能,了解与现代机械制造有关的新材料、新工艺、新技术及其发展趋势,了解工业环境保护的主要途径和设施。严格遵守劳动规律,严格遵守操作规程与安全技术规则,尊敬指导老师,服从工作安排,并按按时完成规定的工程训练任务。

四、工程实训的内容

(1) 通过实训了解工程产品生产的基本知识、生产设备、生产过程和基本原理,如铸造成形、锻压成形、焊接成形、热处理、车削加工、磨削加工、刨削加工、钳工和数控加工等。

(2) 通过实训初步掌握独立设计和动手操作的能力,如铸造加工的湿砂造型和浇注,锻造加工的自由锻和模锻,焊接成形中 CO_2 气体保护焊、手工电弧焊,车、铣、刨、磨各工种的基本操作,数控机床的基本编程及操作等。

(3) 通过实训总结经验、开阔眼界、深化理解、夯实理论知识,同时按照实训要求书写实训报告,提高撰写总结报告的能力。

五、学生工程实训守则

1. 考勤规定

(1) 实训期间,学生应遵守实训车间上、下班制度,不应迟到、早退和旷工。迟到或者早退达三次作为旷课一天。

(2) 实训期间,学生中途不得离开岗位。未征得实训指导人员同意,擅自离开者,按旷课处理。

(3) 实训期间,学生因病请假须有医生证明,并经班主任批准后,告知指导教师方为请假有效。

(4) 实训期间,学生一般不得请事假,因特殊情况必须请事假者,需写请假条经系主任批准后,持有关证明向实验室主任办理请假手续并将假条送交指导教师。

(5) 任何单位抽调实训学生做其他事情,使学生不能参加实训者,须经工程训练中心批准。

(6) 学生的考勤由指导教师执行,迟到学生应主动向教师报告。

(7) 因故请假超过实习时间五分之一的实训人员,应补实训。

2. 实训纪律

(1) 应虚心听从指导人员指导,注意听讲。

(2) 应在指定实训地点工作,不随便走动、高声喧嚷或在车间打闹嬉戏。

(3) 在实训中要尊敬老师,虚心请教,热情而有礼貌,要刻苦训练技能,养成理论联系实际的作风。

(4) 按规定穿戴好劳动保护用品,不准带与实训无关的书刊报纸、娱乐用品、手机等进入工程训练中心,不准穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋、吊带衣服等进入工程训练中心。女生参加实训要戴帽子,把头发挽进帽子里,防止出现事故。

(5) 爱护国家财产,注意节约用水、电、油和原材料。

(6) 认真操作,不怕苦,不怕脏;严格遵守各实训工种的安全技术规程,做到文明实训、安全实训。

(7) 养成团队协助精神,形成严谨的科学作风,认真、积极、全面地完成实训任务。

3. 关于操作机器设备的规定

(1) 一切机器设备,未经许可不准擅自动手操作(如触动开关或拨动手柄等)。

(2) 操作机器必须遵守安全操作规程,不准违章操作。未经允许不准启动、扳动任何非

自用机床、设备、电器、工具、附件、量具等。

(3) 应注意保养和爱护机器、工具,防止损坏。每次实习完毕后,应按规定做好清洁和整理工作,如不合要求者,指导人员可令其重做。若无故损坏和丢失工具者,要视情节轻重折价或如数赔偿。

(4) 如发生问题,首先要切断电源,进行必要的救助,同时保护好现场,并立即报告指导教师。

(5) 除遵守上述规则外,必须遵守实习地点各车间制定的其他安全要求。

第二章 零件的选材及热处理工艺

- 同为碳素钢,为什么绑丝可以反复弯折而锉刀弯折即断呢?
- 为什么不同的机械零件选择不同的材料?怎样选材才算合理?
- 为什么对不同用途的材料,选用不同的热处理方法?

第一节 材料的力学性能

材料的力学性能是指材料在承受各种载荷时抵抗变形和破坏的能力。它关系到工件在使用过程中传递力的能力和使用寿命,也关系到材料加工的难易程度。

材料的力学性能取决于材料的化学成分、组织结构等内在因素。载荷性质、应力状态、温度、环境介质等外在因素也会对材料的力学性能产生很大影响。

当材料受外力作用时,一般会出现弹性变形、塑性变形和断裂三个过程。根据载荷性质的不同(如拉伸、压缩、冲击等),这些过程的发生和发展是不同的。为了合理选用材料和正确制定加工工艺,必须了解材料力学性能的基本概念。

一、材料的强度和塑性

(一) 材料的拉伸曲线

单向静拉伸试验是广泛应用的材料性能检测方法。拉伸试样通常加工成圆棒状或加工成其他形状截面的试样。我国国家标准对拉伸试样的形状和尺寸有严格的规定。图 2-1 所示是一种圆棒状短拉伸试样。

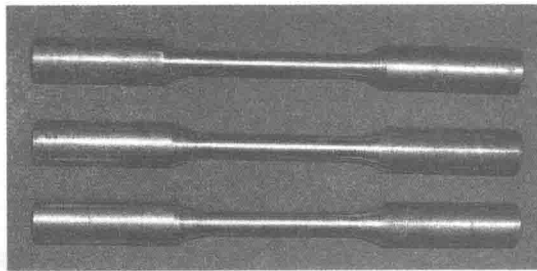


图 2-1 圆棒状短拉伸试样

拉伸实验时,试验机向试样缓慢而均匀地施加轴向拉力。随着拉力的增大,试样发生变形,直到断裂。记录装置将拉伸过程中负荷—伸长的变化绘成曲线(图 2-2),该曲线称为材料的拉伸曲线。整个拉伸过程中的变形可分为弹性变形、屈服变形、均匀塑性变形和不均匀塑性变形四个阶段。

将负荷—伸长曲线的纵、横坐标分别用拉伸试样的原始截面积 S_0 和原始标距长度 L_0

相除,则得到应力($R=\frac{F}{S_0}$)—伸长率($A=\frac{\Delta L}{L_0}$)曲线(图 2-3)。这样的应力—伸长率曲线称为工程应力—应变曲线。工程应力—应变曲线对材料在工程中的应用是非常重要的。根据该曲线可获得材料静拉伸条件下的力学性能指标,如下屈服强度 R_{eL} 、上屈服强度 R_{eH} 和抗拉强度 R_m 等。

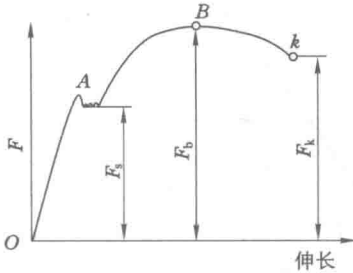


图 2-2 低碳钢的负荷—伸长曲线

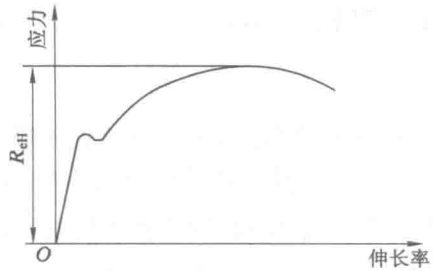


图 2-3 低碳钢的应力—伸长率曲线

(二) 材料的强度

1. 上屈服强度 R_{eH}

随负荷增大,负荷—伸长曲线出现屈服阶段,其特点是当负荷 F 不变,或略有升高(或降低)的情况下,伸长量 ΔL 继续显著增加,此种现象称为材料的“屈服”。在应力—伸长率曲线上分为上屈服强度和下屈服强度。

试样发生屈服而负荷首次下降前的最高应力称为上屈服强度,用 R_{eH} (MPa) 表示。它可用下式计算:

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \text{ (MPa)} \quad (2-1)$$

式中 F_{eH} ——试样发生屈服而负荷首次下降前的最高负荷, MN;

S_0 ——试样原始截面积, m^2 。

2. 下屈服强度 R_{eL}

试样在屈服期间不计初始瞬时效应时的最低应力称为下屈服强度,用 R_{eL} (MPa) 表示。它可用下式计算:

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \text{ (MPa)} \quad (2-2)$$

式中 F_{eL} ——试样在屈服期间不计初始瞬时效应时的最低负荷, MN;

S_0 ——试样原始截面积, m^2 。

对多数机械零件而言,使用过程中不允许发生塑性变形。因此,屈服强度是评定材料质量的重要的力学性能指标,是进行机械零件设计的主要依据。

3. 抗拉强度 R_m

试样经大量塑性变形后,产生加工硬化,塑性变形抗力增加。达到负荷—伸长曲线 B 点时(见图 2-2),载荷 F 达到最大值。试样能够承受的最大应力称为抗拉强度,又称强度极限,用 R_m (MPa) 表示。它代表材料能够承受的最大拉伸应力。它可用下式计算:

$$R_m = \frac{F_m}{A_0} \text{ (MPa)} \quad (2-3)$$

式中 F_m ——试样能承受的最大负荷, MN;

A_0 ——试样原始截面积, m^2 。

(三) 材料的塑性

1. 伸长率 A

试样拉伸断裂后, 标距长度的增量 ΔL 与原标距长度 L_0 的百分比称为伸长率, 用 A 表示。它可用下式计算:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 L_0 ——拉伸前试样的标点间距离, m;

L_u ——试样拉断后标点间距离, m。

$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ (S_0 为试样平行长度的原始横截面积) 的试样称为短试样, 其延伸率以 $A_{5.65}$ 表示。 $L_0 = 11.3 \sqrt{S_0}$ (S_0 为试样平行长度的原始横截面积) 的试样称为长试样, 其延伸率以 $A_{11.3}$ 表示。两种试样测定的延伸率是不同的, 因此必须注明实验条件。

2. 断面收缩率 Z

试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量 ΔS 与原横截面积 S_0 的百分比, 称为断面收缩率, 用 Z 表示。它可用下式计算:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中 S_0 ——试样原始截面积, m^2 ;

S_u ——试样拉断后最小截面积, m^2 。

材料的伸长率 A 和断面收缩率 Z 越大, 则其塑性越好。

二、材料的硬度

硬度是衡量材料软硬程度的一种力学性能指标。其物理意义是材料表面上不大体积内抵抗变形或断裂的能力。金属材料常用的硬度表示方法有布氏硬度和洛氏硬度。图 2-4 所示是布氏硬度计。图 2-5 所示是洛氏硬度计。

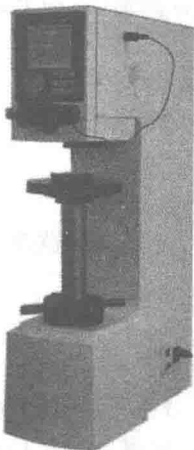


图 2-4 布氏硬度计



图 2-5 洛氏硬度计

下面介绍常用的布氏硬度和洛氏硬度的测量方法。

(一) 布氏硬度

布氏硬度测量方法是在负荷 F 的作用下,将直径为 D 的淬火钢球(或硬质合金压头)压入试样表面(图 2-6),保持一定时间后卸除载荷,以负荷 F 去除试样压痕的表面积 A 所得的商作为硬度值,用符号 HB 表示。试验时只要测出压痕直径 d 值,就可以计算或查表得出 HB 值。压痕直径越大,布氏硬度值 HB 越小;反之,则 HB 越大。使用布氏硬度时,一般不写单位。它可用下式计算:

$$HB = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{kgf/mm}^2) \quad (2-6)$$

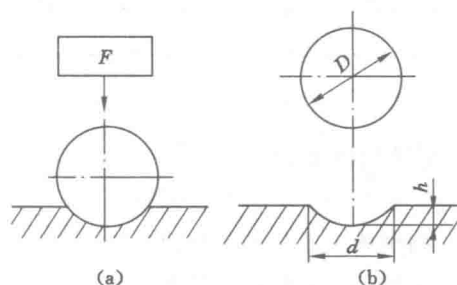


图 2-6 布氏硬度测量原理图

(a) 钢球压入试样表面; (b) 卸去载荷后测定压痕直径

被测材料硬度不同,使用的压头材料不同,布氏硬度值的表示符号也不同。布氏硬度值为 450~650 的材料,使用硬质合金球压头,用符号“HBW”表示;布氏硬度值低于 450 的材料,使用淬火钢球压头,用符号“HBS”表示。

布氏硬度试验的具体操作及试验规范按 GB/T 233.1—2002 的规定进行。

布氏硬度值的表示方法,一般记为“数字+硬度符号(HBS 或 HBW)+数字/数字/数字”的形式,符号前面的数字为硬度值,符号后面的数字依次表示钢球直径、载荷大小及载荷保持时间等试验条件。

【例 2-1】 280HBS10/3000/30 含义是什么?

它表示用直径为 10 mm 的淬火钢球压头,在 3 000 kgf 载荷作用下保持 30 s 时测得的布氏硬度值为 280。

【例 2-2】 500HBW5/750 含义是什么?

它表示用直径为 5 mm 的硬质合金球压头,在 750 kgf 载荷作用下保持 10~15 s 测得的布氏硬度值为 500。保持时间为 10~15 s 时可不标注。

进行布氏硬度检验时,常需要选用不同的载荷 F 和压头直径 D 。布氏硬度试验的可采用的 F/D^2 的比值有 30、15、10、5、2.5、1.25 和 1,共 7 种。对软硬不同的材料,应选用不同的 F/D^2 比值。 F/D^2 比值选择依据如表 2-1 所示。

布氏硬度试验的优点是压痕面积大,试验数据稳定,重复性高。其硬度值能反映材料在较大区域内各组成相的平均性能,最适合测定灰铸铁、轴承合金等材料的硬度。

布氏硬度试验操作较为麻烦,对不同的材料需要更换压头直径 D 和载荷 F ,压痕直径需要测量。另外因压痕直径较大,有时不宜在成品件上直接进行检验。

表 2-1 布氏硬度试验的 F/D^2 比值的选择

材料种类	布氏硬度	F/D^2
钢和铸铁	<140	10
	>140	30
铜及其合金	<35	5
	35~130	10
	>130	30
轻金属及其合金	<35	2.5(1.25)
	35~80	10(5 或 10)
	>80	10(15)
铅、锡	—	1.25(1)

(二) 洛氏硬度

洛氏硬度以压痕深度作为计量硬度的依据。

洛氏硬度试验时,采用的压头为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm、3.175 mm 的钢球。载荷先后分两次施加,先加初载荷 F_1 ,再加主载荷 F_2 ,其总载荷为 $F(F=F_1+F_2)$ 。在图 2-7 中,0-0 为金刚石压头没有触接试样时的位置;1-1 为压头在初载荷 F_1 的作用下,压入试样深度为 h_1 的位置;2-2 为压头受到主载荷 F_2 后,压入试样深度为 h_2 的位置;3-3 为卸除主载荷 F_2 ,只保留初载荷 F_1 时压头的位置。由于试样弹性变形部分的恢复,使压头提高了 h_3 ,此时压头受主载荷的作用实际压入深度为 h 。

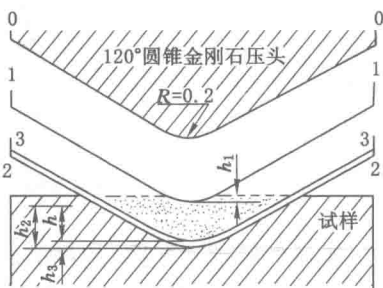


图 2-7 洛氏硬度试验原理

以 $h=h_2-h_3$ 的深度作为洛氏硬度的计算深度。材料越硬压痕深度越小,材料越软压痕深度越大。若直接以深度 h 作为硬度值,则出现硬的材料 h 值小,软的材料 h 值反而大的现象。为了适应人们习惯上数值越大硬度越高的习惯,人为规定一常数 k 减去压痕深度 h 的值作为洛氏硬度值,并规定洛氏硬度计的表盘上每一格为 0.002 mm 深度相当于一个洛氏硬度单位。因此,用常数 k 减去压痕深度 h ,所得差值作为洛氏硬度的指标 HR ,即有:

$$HR = \frac{k - h}{0.002} \quad (2-7)$$

洛氏硬度值可由硬度计表盘上直接读出。为了使洛氏硬度计能够测定不同材料的硬度,采用不同的压头与总载荷搭配,组合成 15 种洛氏硬度标尺。每一种标尺用 HR 后加一个字母注明。常用的是 HRA、HRB 及 HRC 三种。洛氏硬度试验条件及应用如表 2-2 所示。

表 2-2 洛氏硬度试验条件及应用

标尺	测量范围	初载荷/N	主载荷/N	压头类型	k/mm
HRA	20~88	98.1	490.3	金刚石圆锥体	0.2
HRB	20~100	98.1	882.6	$\phi 1.5875$ mm 钢球	0.26
HRC	20~70	98.1	1 373	金刚石圆锥体	0.2

洛氏硬度的试验规范见国家标准 GB/T 230.1—2004。

洛氏硬度试验的优点是操作简便；压痕面积较小，可检测成品、小件和薄件；测量范围大，从很软的有色金属到极硬的硬质合金；测量迅速，可直接从表盘上读出硬度值。其缺点是压痕较小，代表性差；所测硬度值的重复性差、分散度大；不适于检测灰铸铁、滑动轴承合金及偏析严重的材料；用不同标尺测得的硬度值既不能直接进行比较，又不能彼此互换。

三、材料的冲击韧性

许多工况下，材料受到冲击载荷的作用，如火箭的发射、飞机的降落、材料的锻造和冲裁等时。一般说来，在冲击载荷作用下，材料的塑性下降，脆性增大。为了评定材料承受冲击载荷的能力，揭示材料在冲击载荷下的力学行为，需要进行相应的力学性能试验。

(一) 冲击弯曲试验

国家标准规定，冲击弯曲实验所用试样分为夏比 U 型缺口试样和夏比 V 型缺口试样（图 2-8），所测得的冲击功分别记为 W_{KU} 和 W_{KV} 。测量陶瓷、铸铁或工具钢等脆性材料的冲击功时，采用 $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$ 的无缺口冲击试样。

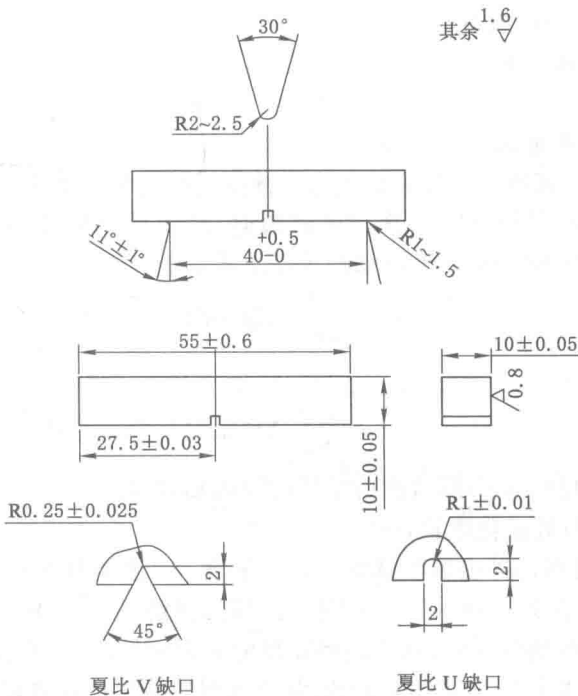


图 2-8 缺口冲击试样

缺口试样一次冲击弯曲实验原理如图 2-9 所示。实验在摆锤式冲击试验机上进行，将试样水平放置于试验机支座上，缺口位于冲击相背方向。试验时，将质量为 G 的摆锤举至高度 H_1 的位置，使其获得位能 GH_1 。释放摆锤冲断试样后，摆锤的剩余能量为 GH_2 ，则摆锤冲断试样失去的位能为 $(GH_1 - GH_2)$ 。此即为试样变形和断裂所吸收的功，称为冲击功，以 W_K 表示，单位为 J。冲击实验规范见 GB/T 229—2007。

(二) 多次冲击实验

实践表明,承受冲击载荷的机件多数是经过多次冲击后断裂的,其破坏是各次冲击损伤积累的结果。因此,为了解决机件多冲断裂失效问题,应对材料进行小能量的多次冲击实验。

多次冲击实验后绘制出冲击功 W —冲断次数 N 曲线,如图 2-10 所示。从 W — N 多次冲击曲线不难看出,随冲击功 W 的减少,冲断次数 N 增加。

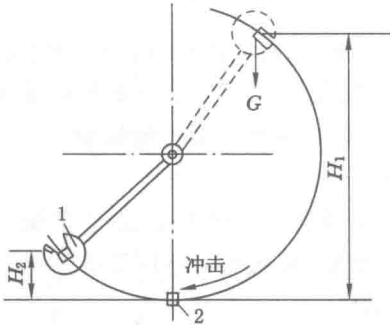


图 2-9 冲击试验原理

1——摆锤;2——试样

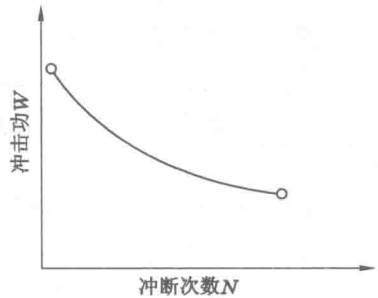


图 2-10 多次冲击曲线

(三) 冲击韧性及其意义

冲击韧性表示材料抵抗冲击破坏的能力。冲击韧性指标的实际意义在于揭示材料的变脆倾向。冲击韧性的 α_K 是试样在一次冲击试验时,缺口处单位截面积上所消耗的冲击功 (KU 或 KV),其单位为 MJ/m^2 。冲击韧性可用下式求出:

$$\alpha_K = \frac{KU}{F_0} (\text{MJ}/\text{m}^2) \quad (2-8)$$

或

$$\alpha_K = \frac{KV}{F_0} (\text{MJ}/\text{m}^2) \quad (2-9)$$

式中 KU, KV ——冲断 $U(V)$ 形试样所消耗的冲击功, MJ ;

F_0 ——试样缺口处横截面积, m^2 。

α_K 值越大,表示材料的冲击韧性越好。研究表明, α_K 值不仅与材料的成分及内部组织有关,而且与试验条件有关。同一条件下同一材料制作的两种试样,其 U 形缺口试样的冲击韧性值显著大于 V 形缺口试样,所以两种试样的冲击韧性值 α_K 不能相互比较。

冲击韧性值 α_K 对材料的缺陷非常敏感,如淬火过热造成的晶粒粗大、回火脆性、时效不充分、夹杂物形态、纤维方向等。因此,材料韧性常用于检验冶炼、热加工、热处理工艺的质量,也常用于检验材料的冷脆性,以确定材料的冷脆转变温度。

第二节 常用工程材料

一、碳素钢

碳素钢是指含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。其中,含碳量对碳素钢力学性能的影响如

图 2-11 所示。当含碳量小于 1% 时,随着含碳量的增加,碳素钢的强度、硬度增加,塑性、韧性降低。但含碳量大于 1% 后,随着含碳量的增加,碳素钢的强度开始降低,所以工业上应用的碳素钢含碳量一般不超过 1.4%。碳素钢中除含有铁和碳两种主要元素外,还有硅、锰、硫、磷等杂质。其中,硫和磷是有害杂质,使钢的性能变脆,所以钢的质量高低主要按硫、磷的含量而定。

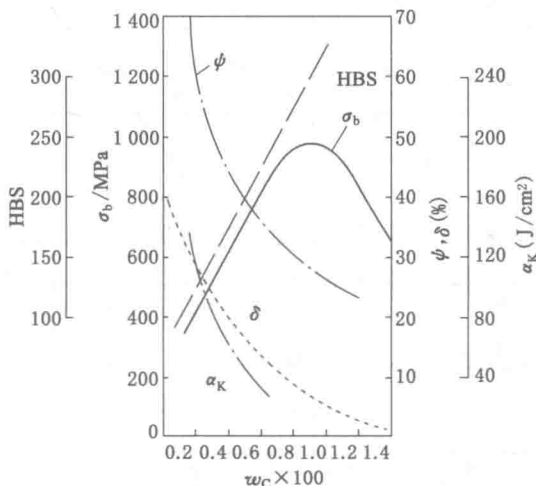


图 2-11 含碳量对碳素钢力学性能的影响

(一) 碳素钢的分类

碳素钢常用的分类方法有：

(1) 按钢的含碳量分：低碳钢——含碳量 $\leq 0.25\%$ ；中碳钢——含碳量为 $0.25\% \sim 0.6\%$ ；高碳钢——含碳量 $> 0.6\%$ 。

(2) 按钢的质量分：普通钢——硫含量 $\leq 0.055\%$ ，磷含量 $\leq 0.045\%$ ；优质钢——硫含量 $\leq 0.040\%$ ，磷含量 $\leq 0.040\%$ ；高级优质钢——硫含量 $\leq 0.030\%$ ，磷含量 $\leq 0.035\%$ 。

(3) 按钢的用途分：碳素结构钢——主要用于制造机械零件（如轴、齿轮等）和工程结构（如桥梁、建筑构件等）；碳素工具钢——主要用于制造刀具、量具、模具等。

(二) 碳素钢的编号和用途

各种碳素钢的编号方法如下。

1. 碳素结构钢

根据国家标准 GB 700—1988 的规定,碳素结构钢分为 5 类 20 种。碳素结构钢牌号以钢的屈服强度(σ_s)数值划分,并且还有质量等级和脱氧方法的标注。其牌号表示方法是,由屈服强度字母(Q)、屈服强度、质量等级符号、脱氧方法 4 个部分按顺序组成。例如, Q235AF 表示屈服强度为 235 MPa 的 A 级沸腾钢。碳素结构钢牌号中符号的意义如下: Q——钢的屈服点中的“屈”字汉语拼音首位字母; A、B、C、D——表示质量等级; F——沸腾钢; b——半镇静钢; Z——镇静钢; TZ——特殊镇静钢。

碳素结构钢平均含碳量在 $0.06\% \sim 0.38\%$ 之间,含磷量 $\leq 0.045\%$,含硫量 $\leq 0.055\%$ 。这类钢的硫、磷含量较高,但仍能满足一般工程要求,且其生产成本较低,价格便宜,故碳素结构钢应用极为广泛。