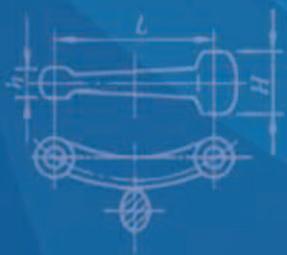


21世纪高等职业教育示范专业规划教材



工程材料与 成型工艺基础

李辉 张建国 主编

坯料



拔长



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

工程材料与成型工艺基础

李 辉 张建国 主编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书较系统地介绍了当前机械制造中的热加工部分和材料选择。教学目标是使学生掌握在特定应用环境下正确选择材料所需要的基础知识和专业知识,即弄清楚材料性质——材料内部结构、材料的内部形态——加工工艺与服役环境下材料的使用性能之间的关系,并使其初步具备根据零件工作条件和失效方式合理地选择与使用材料,正确制定零件的冷、热加工工艺路线的能力。

本书适合高职高专院校机械类、近机类及近材料类专业学生作为专业基础课教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与成型工艺基础/李辉,张建国主编. —上海:
上海交通大学出版社,2012

ISBN 978-7-313-08932-8

21世纪高等职业教育示范专业规划教材

I. 工... II. ①李... ②张... III. 工程材料—成型—
工艺学—高等学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 191892 号

工程材料与成型工艺基础

李 辉 张建国 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海宝山译文印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.75 字数:363千字

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

印数:1~3030

ISBN 978-7-313-08932-8/TB 定价:32.00元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

前 言

本书是为工科类及综合类院校的机械类、近机械类及近材料类专业学生而编写的专业基础课教材。

本书较系统地介绍了当前机械制造中的热加工部分和材料选择。教学目标是使学生掌握在特定应用环境下正确选择材料所需要的基础知识和专业知识,即弄清楚材料性质——材料内部结构、材料的内部形态——加工工艺与服役环境下材料的使用性能之间的关系,并使其初步具备根据零件工作条件和失效方式合理地选择与使用材料,正确制定零件的冷、热加工工艺路线的能力。

本书教学过程的设计体现在以下三个方面:

(1) 模块化综合课程具有创新的“课程主线”和“课程框架”。使学生全方位认识机器制造过程;具有弹性的教学模块适应制造类不同专业选用,体现课程为专业培养目标服务的教学理念。运用现代教育技术和虚拟现实技术,建立虚拟的仿真教学环境,优化教学过程,提高教学质量和效率。

(2) 以任务驱动为特征的“项目课程”教学,实现课程教学理论与实践一体化。将机器制造的知识与技能融于完成项目的工作任务之中,灵活运用案例分析,让学生通过分组讨论、角色扮演,实施教学。改变了学生的学习态度,提高了学习兴趣和学习主动性。

(3) 探索“工学结合”人才培养模式的课程教学,本课程列入示范性高职院校建设方案重点创建课程项目。探索制造类专业及相关专业领域具有“工学结合”特色课程体系的构建。

本书由李辉、张建国任主编,参加本书编写的作者来自高职高专院校和生产企业,长期从事教学、科研和企业生产工作,具有较高的理论水平和丰富的生产实践经验。具体编写分工如下:项目一、项目二由忻州市技工学校曲云凤编写,项目三、项目六由忻州市技工学校赵静宇编写,项目四、项目五由开封大学李辉编写,项目七、项目八由齐齐哈尔市职工大学二厂分校王小雨编写,项目九由郑州铁路职业技术学院张建国编写。全书由李辉、张建国统稿并审定。

本书在编写过程中,参考和借鉴了国内外许多学者的著作和相关文献资料,在此,谨向这些著作和文献资料的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中若有不完善之处,敬请广大读者指正,编者不胜感激。

编 者
2012年7月

目 录

项目 1 金属材料力学性能的测量	1
------------------------	---

知识链接

1.1 金属的力学性能	1
1.2 金属的物理化学性能	11
1.3 金属的工艺性能	13

任务实施

1.1 金属材料强度和塑性指标的测定	14
1.2 硬度的测定	16
项目小结	18
项目习题	19

项目 2 铁碳合金金相组织观察及铁碳合金相图的应用	20
---------------------------------	----

知识链接

2.1 纯金属的晶体结构	21
2.2 金属的结晶与同素异构转变	24
2.3 合金的组织	26
2.4 铁碳合金的组织	28
2.5 铁碳合金相图	30
2.6 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	36

任务实施

2.1 碳钢和白口铸铁金相组织的识别观察	38
项目小结	42
项目习题	42

项目 3 钢的热处理	44
知识链接	
3.1 钢在加热时的转变	45
3.2 钢在冷却时的转变	47
3.3 钢的整体热处理	51
3.4 钢的表面热处理和化学热处理	59
3.5 热处理工艺设计	62
任务实施	
3.1 碳钢的整体热处理操作	65
3.2 碳钢的热处理显微组织观察	67
项目小结	69
项目习题	69
项目 4 工程材料的选用	71
知识链接	
4.1 钢中常存元素与合金元素	71
4.2 非合金钢	74
4.3 合金钢	78
4.4 铸铁	88
4.5 非铁金属材料	95
任务实施	
4.1 金属零件选材的一般原则	101
项目小结	102
项目习题	103
项目 5 铸造	105
知识链接	
5.1 铸造工艺基础	105
5.2 砂型铸造	111
5.3 铸件结构设计	122

5.4 特种铸造	126
----------------	-----

任务实施

5.1 支座铸造工艺设计	132
5.2 插齿机刀轴蜗轮工艺分析	133
项目小结	134
项目习题	135

项目 6 锻压加工	136
-----------------	-----

知识链接

6.1 金属塑性变形	136
6.2 塑性变形对金属组织和性能的影响	139
6.3 金属的可锻性	142
6.4 锻造方法	143
6.5 冲压	149

任务实施

6.1 自由锻	153
项目小结	156
项目习题	157

项目 7 焊接成形	158
-----------------	-----

知识链接

7.1 电弧焊	159
7.2 其他常用焊接方法	177
7.3 常用金属材料的焊接	185
7.4 焊接结构设计	189

任务实施

7.1 手工电弧焊	192
7.2 CO ₂ 气体保护焊	195
项目小结	197
项目习题	198

项目 8 机械零件材料及毛坯制造工艺选择 199

知识链接

- 8.1 机械零件材料的选择 199
- 8.2 机械零件毛坯的选择 202

任务实施

- 8.1 轴类零件材料及毛坯制造工艺拟定 205
- 8.2 箱体类零件材料及毛坯制造工艺拟定 207
- 项目小结 208
- 项目习题 208

项目 9 非金属材料 209

知识链接

- 9.1 高分子材料 209
- 9.2 陶瓷材料 214
- 9.3 复合材料 218
- 9.4 非金属材料成型工艺简介 220

任务实施

- 9.1 认识非金属材料 225
- 9.2 选择微波炉牛奶杯的材料和成型工艺 225
- 项目小结 226
- 项目习题 227

参考文献 228

项目 1 金属材料力学性能的测量

知识目标

1. 了解金属材料力学性能的含义。
2. 准确理解强度、塑性、刚度有关名词概念,了解拉伸曲线,掌握强度、塑性指标的检测方法。
3. 准确理解硬度的含义,掌握布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度检测原理、表示方法、适用范围。
4. 准确理解冲击韧性、疲劳强度的含义,并了解其对于材料使用的重要性。
5. 了解金属材料的性能对使用和加工过程的影响。

技能目标

1. 能检测材料的强度、塑性、硬度指标。
2. 能依据检测结果判断材料是否符合使用要求。

本项目导语

金属材料是最重要的工程材料,由于其特有的优异性能,被广泛应用于生产和生活中,尤其是机械制造业。为了正确认识和合理使用金属材料,充分发挥金属材料的潜力,就必须了解掌握金属材料的性能。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两方面。使用性能是金属材料在使用条件下表现出来的性能,包括力学性能、物理性能、化学性能。工艺性能是金属在加工制造过程中反映出来的性能,包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

知识链接

1.1 金属的力学性能

金属材料在加工和使用过程中所受到的外力称为载荷。根据作用形式的不同,载荷分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、扭转载荷、剪切载荷。根据作用的性质不同,载荷可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷三种。

- (1) 静载荷:大小不变或变化缓慢的载荷。
- (2) 冲击载荷:短时间高速作用于材料上的载荷。
- (3) 交变载荷:大小、方向随时间周期性变化的载荷。

金属材料在载荷作用下产生的几何形状和尺寸的变化,称为变形。分为弹性变形和塑性变形两种。随载荷的消失而消失的变形称为弹性变形;不随载荷的去除而消失的变形称为塑性变形。

金属材料的力学性能是指金属材料在承受各种外力时不超过许可变形或不被破坏的能力。金属的力学性能是衡量材料质量和选用金属材料的重要依据,也是合理选择刀具、模具、制定正确加工方案和选用切削用量的重要参数。

衡量金属材料的力学性能指标有强度、塑性、刚度、硬度、韧性和疲劳强度等。强度、塑性、刚度、硬度属于静态力学性能;韧性和疲劳强度属于动态力学性能。

1.1.1 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。强度大小通常用应力大小来表示。

随载荷的作用形式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪强度。在工程中常用抗拉强度作为判断金属强度高低的指标。抗拉强度由拉伸试验测定。

1.1.1.1 拉伸试验

拉伸试验是检验金属材料力学性能普遍采用的一种极为重要的基本试验。其试验方法是标准试样安装在拉伸试验机上,对试样施加一个轴向静拉力,随着力的不断增加,试样产生的伸长量也不断增加,直至断裂。通过拉伸试验可同时测得强度指标和塑性指标。

1) 拉伸试样

GB/T228—2002《金属材料 室温拉伸试验方法》规定了金属拉伸试样的形状、尺寸和加工要求。常用标准圆截面试样,如图 1-1 所示。

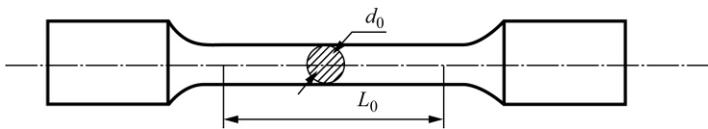


图 1-1 标准圆截面拉伸试样

图 1-1 中 d_0 为试样的原始直径, L_0 为试样的原始标距长度。试样可分为长试样 ($L_0 = 10d_0$) 和短试样 ($L_0 = 5d_0$) 两种。

2) 力-伸长曲线

拉伸过程中,由拉伸试验机自动绘出的拉伸力 F 和试样相应伸长量 ΔL 之间的关系曲线,称为力-伸长曲线。如图 1-2 所示,为低碳钢试样的力-伸长曲线。图中,纵坐标表示力 F ,单位为 N ;横坐标表示试样伸长量 ΔL ,单位为 mm 。

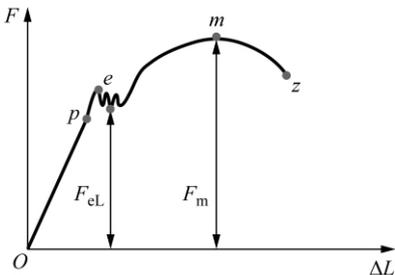


图 1-2 低碳钢的力-伸长曲线

由图 1-2 可见,低碳钢在拉伸过程中明显表现出以下几个变形阶段:

(1) Op ——弹性变形阶段。 Op 段为斜直线,说明伸长量 ΔL 和力 F 成正比。试样在卸载后可恢复原始形状尺寸, F_p 是试样只发生弹性变形的最大拉力。

(2) pe ——屈服阶段。拉伸力超过 F_p 后,试样开始产生塑性变形,即卸载后的试样只能恢复部分变形,仍保留了部分变形。在 pe 段,力-伸长曲线出现平台和锯齿形,说明即使载荷不增加或略有减少时,试样也能继续伸长,金属材料丧失了抵抗变形的能力,这种现象称为屈服。

(3) em ——强化阶段。 em 段为上升曲线,说明只有不断加载,才能使试样继续伸长。这个阶段,随着塑性变形的增大,试样变形抗力逐渐增加,这种现象称为冷变形强化,也叫加工硬化。

(4) mz ——局部塑性变形(缩颈)阶段。 mz 段,试样的直径发生局部收缩变细的现象,称为缩颈,如图 1-3 所示。试样直径变小,继续变形需要的力变小,此段力-伸长曲线为一段下降曲线。继续拉伸,试样从缩颈处断裂。



图 1-3 缩颈现象

1.1.1.2 强度指标

衡量金属材料的强度,要同时考虑受力大小和横截面积。单位横截面积上的载荷称为应力用 σ 表示,单位为 MPa。即

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中, F ——载荷,N;

S ——横截面积, mm^2 。

材料的强度指标主要有屈服强度和抗拉强度。

1) 屈服强度

(1) 塑性材料的屈服强度。试样产生屈服现象时所受的应力称为屈服强度,用 R_e 表示,单位为 MPa。屈服强度分为上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} ,一般用下屈服强度 R_{eL} 作为衡量指标。屈服强度是金属材料抵抗塑性变形的能力。

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

式中, F_{eL} ——屈服时的最小载荷,N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

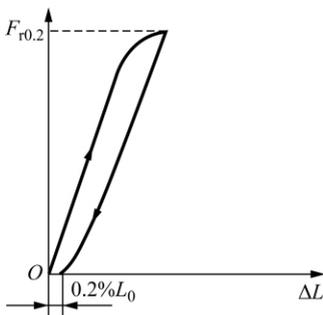


图 1-4 铸铁的力-伸长曲线

(2) 脆性材料的屈服强度。如图 1-4 所示,对于无明显屈服现象的金属材料(如高碳钢、铸铁),测量屈服点很困难,工程上常采用残余伸长率为 0.2% 时的应力,即规定残余伸长应力 $R_{r0.2}$ 作为屈服强度指标,也称为屈服强度。

$$R_{r0.2} = \frac{F_{r0.2}}{S_0}$$

式中, $F_{r0.2}$ ——残余伸长率为 0.2% 时的载荷,N。

2) 抗拉强度

试样拉断前所受的最大应力称为抗拉强度,用符号 R_m 表

示,单位是 MPa。抗拉强度是金属材料抵抗断裂的能力。

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

式中, F_m ——试样拉断前承受的最大载荷,N。

强度是金属材料最重要的力学性能之一。零件、构件、结构在工作过程中在受到超出其材料强度的外力作用时,会发生变形甚至失效。因此,大多数零件设计工作应力不超过其材料的屈服强度。

1.1.2 塑性

金属材料在载荷的作用下,产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。塑性的衡量指标为断后伸长率 A 和断面收缩率 Z ,可通过拉伸试验测得。

1.1.2.1 断后伸长率 A

试样拉断后的标距伸长量与原始标距的百分比,称为断后伸长率,用符号 A 表示。若用长试样测试,则用 $A_{11.3}$ 表示。

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

式中, L_u ——试样原始标距长度;

L_0 ——试样拉断后的标距长度。

1.1.2.2 断面收缩率 Z

试样拉断处横截面积的缩减量与原始横截面积的百分比,称为断面收缩率,用符号 Z 表示。

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

式中, S_0 ——是试样的原始横截面积;

S_u ——是试样断口处的横截面积。

金属材料的断后伸长率和断面收缩率值越大,说明材料的塑性越好。工程中, $A \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料,如低碳钢; $A < 5\%$ 的材料称为脆性材料,如灰铸铁。塑性直接影响到零件的加工和使用。塑性好的材料易于成型,使用时一旦超载也能产生塑性变形从而避免突然断裂。因此,零件除要求具有一定的强度外,还要求具有一定的塑性。断后伸长率达到 5% 或断面收缩率达 10% 的材料,可满足大多数零件的塑性要求。

[例题 1] 宏利机械加工厂购进了一批 25 钢,国标规定其力学性能指标应不低于下列数值:下屈服强度 R_{el} , 275MPa;抗拉强度 R_m , 450MPa;断后伸长率 A , 23%;断面收缩率 Z , 50%。验收时,将钢材制成 $d_0 = 10\text{mm}$ 的短试样做拉伸试验,测得 $F_{el} = 23\ 100\text{N}$, $F_m = 37\ 600\text{N}$, $L_u = 62.9\text{mm}$, $d_u = 6.8\text{mm}$ 。试列式计算这批钢材是否合格。

解:由题意可知: $L_0 = 5d_0 = 5 \times 10 = 50(\text{mm})$

$$S_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \approx \frac{3.14 \times 6.8^2}{4} \approx 79(\text{mm}^2)$$

$$S_u = \frac{\pi d_u^2}{4} \approx \frac{3.14 \times 6.8^2}{4} \approx 36(\text{mm}^2)$$

根据计算公式得:

$$R'_{el} = \frac{F_{el}}{S_0} = \frac{23\,100}{79} \approx 292(\text{N/mm}^2) > 275(\text{MPa})$$

$$R'_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{37\,600}{79} \approx 476(\text{N/mm}^2) > 450(\text{MPa})$$

$$Z' = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\% = \frac{79 - 36}{79} \times 100\% \approx 54\% > 50\%$$

$$A' = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{62.9 - 50}{50} \times 100\% \approx 26\% > 23\%$$

计算结果显示此材料的各项力学性能均优于国标,所以是合格的。

1.1.3 刚度

材料抵抗弹性变形的能力称为刚度。刚度的衡量指标是弹性模量。

弹性模量:弹性变形阶段下应力与应变的比值,用符号 E 表示,单位是 MPa。

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中, $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ 。

材料的弹性模量越大,抵抗弹性变形的能力越强,刚度越大。零件的刚度主要决定于所用材料的弹性模量 E ,也与形状、截面等有关。如零件的刚度不好,即使有高强度,也会因产生过大的弹性变形而影响加工精度甚至失效。因此,机械零件有一定的刚度要求。

1.1.4 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度反映的是材料抵抗外物压入其表面的能力,是衡量材料软硬程度的判据。硬度还可以间接地反映金属的强度以及金属在化学成分金相组织和热处理工艺上的差别。因此,硬度是各种零件和工具必备的性能指标。一般来说,硬度高的材料,耐磨性好,强度也高。

相比拉伸试验,硬度试验简便易行,因此硬度试验应用更广泛。测试硬度的方法很多,通常用静负荷压入法进行,有布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法、维氏硬度试验法三种。

1.1.4.1 布氏硬度

1) 测试原理

测试原理是使用硬质合金球压头,以规定的试验力压入试样表面,经规定保持时间后卸除试验力,测量表面压痕直径,以金属表面压痕单位面积上所承受载荷的大小来确定被测金属材料的硬度。如图 1-5 所示。

布氏硬度用符号 HBW 表示(新标准中不再使用钢球压头)。布氏硬度值可按下式计算:

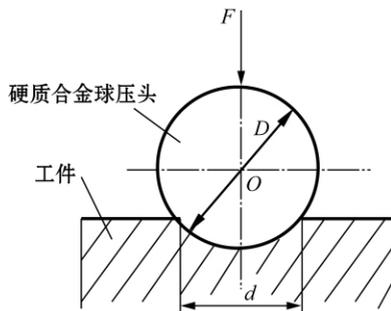


图 1-5 布氏硬度测试原理

$$HBW = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中, F ——试验力, N;

S ——球面压痕面积, mm^2 ;

D ——球体直径, mm;

d ——压痕平均直径, mm。

布氏硬度的单位为 N/mm^2 , 但是习惯上只写出硬度值不标出单位。

试验时, 不用计算, 可根据测得压痕直径直接查得。

2) 布氏硬度试验条件

标准 GB/T231.1—2002 中规定的了布氏硬度试验条件。做试验时, 压头直径、试验力、试验力保持时间都应根据金属材料的种类、硬度值的范围及金属的厚度进行选择。如表 1-1 所示。

标准规定, 即不论何种金属, 标准的试验力保持时间都相同, 都是 $10 \sim 15\text{s}$ 。对于要求试验力保持时间较长的材料, 标准试验力保持时间允许误差为 $\pm 2\text{s}$ 。一般而言, 软金属要获得稳定的布氏硬度值, 其试验力保持时间应适当加长。

表 1-1 试验力-压头直径平方之比的选择

材料	布氏硬度 HBW	试验力-压头球直径平方的比率 $0.102F/D^2$
钢、镍合金、钛合金		30
铸铁	<140	10
	≥ 140	30
铜及铜合金	<35	5
	$35 \sim 200$	10
	>200	30
轻金属及合金	<35	2.5
	$35 \sim 80$	5
		10
		15
>80	10	
	15	
铅、锡		1

3) 表示方法

布氏硬度的表示方法是, 测定的硬度数值标注在符号 HBW 的前面, 符号后面按直径、试验力、试验力保持时间(保持时间为 $10 \sim 15\text{s}$ 不标注)的顺序, 用相应的数字表示试验的条件。例如, $600HBW1/30/20$ 表示用直径为 1mm 的硬质合金球, 在 $294.2\text{N}(30\text{kgf})$ 试验力下保持 20s 测定布氏硬度值为 600 。

4) 优缺点及应用

(1) 优点。布氏硬度试验的优点是压头直径大, 压痕面积较大, 硬度代表性好, 其能反映较大范围内金属各组成相综合影响的平均值, 因此特别适用于测定灰铸铁、轴承合金和具有粗大晶粒的金属材料。它的试验数据稳定, 精度高于洛氏, 低于维氏。此外布氏硬度值与抗拉强

度值之间存在较好的对应关系。通过测试布氏硬度可以间接得到材料近似的抗拉强度值,这一点在生产实际应用中具有重大意义。

(2) 缺点。布氏硬度试验的缺点是压痕较大,不宜测量薄件、成品件,不能测定硬度较高的材料。试验过程比洛氏硬度试验复杂,测量操作和压痕测量都比较费时。为避免球体本身变形影响试验结果的准确性,金属的硬度值的有效范围是小于 650HBW。

(3) 应用。布氏硬度主要用于测定灰铸铁、有色金属、退火及调质处理后的钢材等硬度不是太高的材料。

1.1.4.2 洛氏硬度

1) 测试原理

测试原理如图 1-6 所示,是用 120° 的金刚石圆锥压头或尺寸很小的淬火钢球或硬质合金球作为压头,在初试验力和主试验力的先后作用下,压入材料表面,经规定保持时间后卸除主试验力,在保持初试验力的状态下,根据压痕的深度测定洛氏硬度值。

图 1-6 中:

0—0:未加载荷,压头未接触试件时的位置。

1—1:压头在预载荷 P_0 作用下压入试件的位置,深度为 h_1 。

2—2:加主载荷 P_1 后,压头在总载荷 $P = P_0 + P_1$ 的作用下压入试件的位置,压入深度为 h_2 。

3—3:去除主载荷 P_1 后但仍保留预载荷 P_0 时压头回升的位置,压头压入试样的深度为 h_3 。

卸除主试验力弹性变形恢复,压头位置提高到 h_3 ,此时压头受主载荷作用实际塑性变形引起的压痕深度为 $e = h_3 - h_1$ 。

e 值越大,说明试件越软; e 值越小,说明试件越硬。为了适应人们习惯上数值越大硬度越高的概念,人为规定用一常数 K 减去压痕深度 e 的数值来表示硬度的高低,并规定 0.002mm 为一个洛氏硬度单位,则洛氏硬度值为

$$HR = \frac{K - e}{0.002}$$

洛氏硬度用符号 HR 表示,没有单位。测量时硬度值可直接在表盘上读出。(表盘上有红、黑两种刻度,红色的 30 和黑色的 0 相重合。使用金刚石圆锥压头时,常数 K 为 0.2mm ,硬度值由黑色表盘表示;使用钢球($\Phi = 1.588\text{mm}$)压头时,常数 K 为 0.26mm ,硬度值由红色表盘表示。)

2) 洛氏硬度标尺和适用范围

因试验时施加压力和压头材料不同,洛氏硬度的测量尺度也不同。常见的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种,记作 HRA、HRB、HRC。三种洛氏硬度标尺的试验条件和应用范围如表 1-2 所示,其中 HRC 应用较广泛,一般淬火件和工具都采用 HRC 测量。

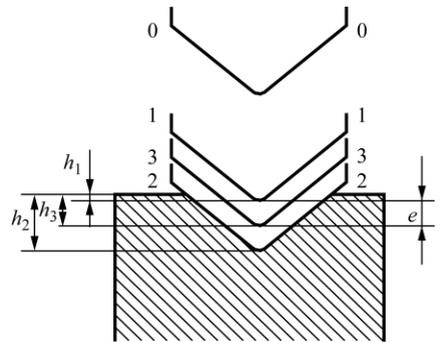


图 1-6 洛氏硬度试验原理

表 1-2 常用洛氏硬度标尺的试验条件及应用范围

符号	压头	总载荷 kgf(N)	硬度值有效范围	使用范围
HRA	金钢石圆锥 120°	60(588.4)	20~88HRA	适用于测量硬质合金表面淬火或渗碳层
HRB	1.588mm(1/16") 淬火钢球	100(980.1)	20~100HRB	适用于测量有色金属、退火、正火钢等
HRC	金钢石圆锥 120°	150(1471.1)	20~70HRC	适用于测量调质钢淬火钢等

3) 表示方法

洛氏硬度的表示方法是,测定的硬度数值标注在符号 HR 的前面,符号后面标注标尺符号和压头的类型。压头类型采用硬质合金球压头时用 W 表示,采用淬火钢球压头时用 S 表示,采用金刚石圆锥压头时不用任何附加符号。例如,60HRBW 表示 B 标尺,硬质合金球压头测定的洛氏硬度值为 60。

标准规定,标尺为 A、C、D、15N、30N、45N 的洛氏硬度试验均为金刚石圆锥压头,其余标尺的洛氏硬度试验采用钢球或硬质合金球压头。因此,对标尺为 A、C、D、15N、30N、45N 的洛氏硬度试验,表示硬度值时,不必考虑附加任何符号。采用其他标尺的硬度试验需要考虑硬度符号后面附加字母 S 或 W。这一点须加以注意。

4) 优缺点及应用

(1) 优点。①洛氏硬度试验的优点是压痕小,宜测量薄件、半成品、成品件的硬度。②试验操作简单,可直接读出硬度值。③选用不同的标尺,可测量从很软到很硬的材料硬度,测试范围大。

(2) 缺点。①布氏硬度试验的缺点是压痕小,硬度代表性不好,组织不均匀时测到的硬度值波动较大,需在材料的不同部位测四次以上并取平均值。②测量范围广,但是由于所用标尺不同,其硬度值之间不能比较。

(3) 应用。洛氏硬度可用于测定硬质合金、表面淬火层、渗碳层、调质钢等硬度较高的场合,可测薄件、半成品、成品件的硬度。洛氏硬度压痕几乎不损伤工件表面,在实际生产的质量检验中应用最多。

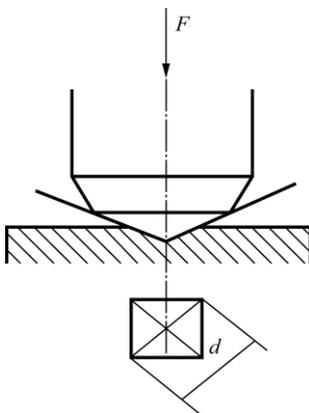


图 1-7 维氏硬度的测试原理

1.1.4.3 维氏硬度

1) 测试原理

维氏硬度测试原理与布氏硬度基本相同,用正四棱锥体金刚石压头,在试验力作用下压入试样表面,保持规定时间后,卸除试验力,测量试样表面压痕对角线长度,以压痕单位面积上承受的平均压力大小表示材料的硬度,符号为 HV,如图 1-7 所示。

维氏硬度的单位为 N/mm^2 ,但是与布氏硬度一样,习惯上只写出硬度值不标出单位。试验时,也不用计算,根据测得压痕

对角线长度直接查值。

2) 维氏硬度的表示方法

与布氏硬度基本相同表示,维氏硬度符号 HV 前面的数值为硬度值,后面为试验力值。标准的试验保持时间为 10~15s,如果选用的时间超出这一范围,在力值后面还要注上保持时间。例如:600HV30 表示采用 294.2N(30kgf)的试验力,保持时间 10~15s 时得到的维氏硬度值为 600。600HV30/20 表示采用 294.2N(30kgf)的试验力,保持时间 20s 时得到的硬度值为 600。

3) 优缺点

(1) 维氏硬度的优点。①相比于洛氏硬度,维氏硬度的优点在于其硬度值与试验力的大小无关,只要是硬度均匀的材料,可以任意选择试验力,其硬度值不变,使维氏硬度在一个很宽广的硬度范围内具有一个统一的标尺。②相比于布氏硬度,维氏硬度试验测量范围宽广,可以测量目前工业上所用到的几乎全部金属材料,从很软的材料(几个维氏硬度单位)到很硬的材料(3000 个维氏硬度单位)都可测量。③维氏硬度试验是常用硬度试验方法中精度最高的。④维氏硬度试验的试验力可以很小,压痕非常小,特别适合测试薄小材料。

(2) 维氏硬度试验的缺点。维氏硬度试验效率低,要求较高的试验技术,对于试样表面的光洁度要求较高,通常需要制作专门的试样,操作麻烦费时,通常只用来测试小型精密零件的硬度、表面硬化层硬度和有效硬化层深度、镀层的表面硬度、薄片材料和细线材的硬度、刀刃附近的硬度等。

1.1.5 韧性

韧性是材料在塑性变形和断裂的全过程中吸收能量的能力或材料抵抗裂纹扩展的能力。韧性是材料强度和塑性的综合表现。常用韧性指标:冲击韧度、断裂韧度。

1.1.5.1 冲击韧性

1) 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性,是用来评价材料在冲击载荷作用下的脆断倾向的。对于承受冲击载荷的汽车发动机中的活塞,锻锤的锻杆等零件不仅要求具有高的强度和一定的塑性,还必须具备足够的冲击韧性。冲击韧性的好坏由冲击韧度的大小来反映。

2) 冲击韧度的测定

如图 1-8 所示,冲击韧度的测定方法,是将被测材料制成标准缺口试样,在冲击试验机上由置于一定高度的重锤自由落下而一次冲断。冲断试样所消耗的能量称为冲击功 A_k ,其数值为重锤冲断试样的势能差。冲击韧度值 α_k 就是试样缺口处单位截面积上所消耗的冲击功,这个值越大,受冲击时,越不容易断裂,则韧性越好。

实践证明,冲击韧性对材料的缺陷很敏感,白点、夹杂以及处理过程中产生的过热等缺陷都会降低材料的冲击韧性。因此,在进行材料处理时要尽量避免出现这些缺陷,从而提高材料的冲击韧性。

1.1.5.2 断裂韧性

材料中宏观裂纹的出现是难免的,会造成零件的低应力脆断,从而引发大量工程事故。