

| 中等职业教育规划教材 |

金属工艺学

张良杰◎主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业教育规划教材

金属工艺学

张良杰 主 编

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺学/张良杰主编. —北京: 人民邮电出版社,
2008. 6
中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-115-17659-2

I. 金… II. 张… III. 金属加工—工艺学—专业学校—
教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 021000 号

内 容 提 要

本书是中等职业教育规划教材, 是根据相关的国家标准和教学需求及教育部颁发的《中等职业学校金属工艺学教学大纲 (试行)》编写的。

全书内容共分为四部分。第一部分包含 3 个模块, 为金属学基本知识, 介绍金属材料的性能、金属的结构与结晶、铁碳合金及碳钢; 第二部分包含 4 个模块, 为金属材料及热处理, 介绍合金钢、铸铁、有色金属及热处理的一般知识; 第三部分包含 3 个模块, 为热加工工艺, 介绍铸造、压力加工、焊接的加工方法及其工艺特点; 第四部分包含 2 个模块, 为冷加工工艺, 介绍车、刨、钻、铣等加工的常用设备和工艺过程, 并简述数控机床加工的有关知识。

本书为中等职业学校机械制造及其相关专业的教材, 也可作为有关技术人员、管理人员和技术工人的培训教材和参考用书。

中等职业教育规划教材 金属工艺学

-
- ◆ 主 编 张良杰
责任编辑 曾 斌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.25
字数: 326 千字
印数: 1-4 000 册
 - 2008 年 6 月第 1 版
2008 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17659-2/TN

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

为贯彻中职教育的改革精神,突出“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职业教育办学理念,在编写本书时,坚持以学生为本,注重对学生创新精神和实践能力的培养,力求使学生能够学以致用。本书深浅适度、通俗易懂、理论联系实际,既体现中职学校的教学特点,又利于培养应用型的中等专业技能型人才。

本书在编写过程中,始终坚持以下基本原则。

(1)以能力为本位,重视实践能力的培养,突出职业教育特点,从生产实际出发,合理安排教材的知识和技能结构,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,对教材内容的深度、难度做了较大程度的调整。

(2)以国家相关职业标准为依据,全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才的实际需求出发,在知识体系、组织结构等方面做了一些新的尝试。

(3)大力更新教材内容,使之具有时代特征。根据就业岗位对劳动者素质提出的新要求,在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容。

(4)在结构安排和表达方式上,强调由浅入深、循序渐进,力求做到符合学生的认知规律。

为便于教学,每个模块后面附有习题。

本书64学时,建议学时分配如下:

模块	知识提示	总学时	理论学时	实验学时
一	金属材料的性能	3	3	
二	金属的结构与结晶	3	3	
三	铁碳合金及碳钢	3	3	
四	钢的热处理	4	4	
五	合金钢	3	3	
六	铸铁	3	3	
七	有色金属	3	3	
八	铸造	12	8	4
九	锻压成形	10	8	2
十	焊接成形	10	8	2
十一	切削加工基础知识	4	4	
十二	金属切削机床及其加工	6	6	
		64	56	8

本书由张良杰主编,参加编写工作的有栾明岗、白兴福、冯义海、马新刚、宗先叶、王凤、张化亮。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年1月

目 录

模块一 金属材料的性能 1

项目一 金属材料的力学性能 2

活动一 强度指标 3

活动二 刚度指标 4

活动三 塑性指标 5

活动四 硬度指标 6

活动五 韧性指标 10

项目二 金属材料的物理和化学性能 12

活动一 金属材料的物理性能 12

活动二 金属材料的化学性能 13

巩固练习 14

模块二 金属的结构与结晶 15

项目一 金属的晶体结构 16

活动一 晶体与非晶体 16

活动二 晶体结构的基本概念 16

活动三 三种常见的金属晶格 17

项目二 金属的实际结构和晶体缺陷 18

活动一 多晶体结构 18

活动二 晶格缺陷 19

项目三 纯金属的结晶 21

活动一 金属结晶的基本规律 21

活动二 晶核的形成与长大 23

活动三 金属凝固后晶粒大小及控制 24

巩固练习 25

模块三 铁碳合金及碳钢 26

项目一 铁碳合金的基本相 27

活动一 纯铁 27





活动二 铁碳合金的基本组织	28
项目二 铁碳合金相图	30
活动一 相图分析	30
活动二 典型铁碳合金结晶过程	32
活动三 铁碳合金相图的应用	35
项目三 碳钢	37
活动一 常存杂质元素对碳钢性能的影响	37
活动二 碳钢的分类	38
活动三 碳钢的编号、性能和用途	39
巩固练习	43

模块四 钢的热处理

项目一 钢的退火与正火	47
活动一 退火和正火的主要目的	47
活动二 退火	47
活动三 正火	48
项目二 钢的淬火	48
项目三 钢的回火	51
活动一 回火的目的	51
活动二 回火对钢性能的影响	51
活动三 回火种类及应用	52
项目四 钢的表面热处理	53
活动一 火焰加热表面淬火	53
活动二 感应加热表面淬火	53
项目五 钢的化学热处理	54
活动一 钢的渗碳	55
活动二 渗氮	56
活动三 碳氮共渗	56
活动四 渗硼	57
巩固练习	57

模块五 合金钢

项目一 合金元素对钢性能的影响	60
项目二 合金钢的分类及牌号表示方法	61
活动一 合金钢的分类	61
活动二 合金钢的牌号表示方法	61
项目三 合金结构钢	62



活动一 常用机械结构用合金钢与工程结构用合金钢	62
活动二 轴承钢	67
项目四 合金工具钢	68
活动一 刀具钢	68
活动二 合金模具钢	70
项目五 特殊性能钢	73
活动一 不锈、耐蚀钢	73
活动二 耐热钢	74
活动三 耐磨钢	74
巩固练习	77

模块六 铸铁

项目一 铸铁概述	79
项目二 铸铁的石墨化	80
活动一 铸铁的石墨化	80
活动二 影响石墨化的因素	80
活动三 石墨对铸件性能的影响	82
项目三 灰口铸铁	82
活动一 灰口铸铁的组织与性能	82
活动二 灰口铸铁的牌号和应用	83
活动三 灰口铸铁的热处理	84
项目四 可锻铸铁	84
活动一 可锻铸铁的生产	84
活动二 可锻铸铁的牌号和应用	85
项目五 球墨铸铁	86
活动一 球墨铸铁的组织与性能	86
活动二 球墨铸铁的牌号和应用	87
活动三 球墨铸铁的热处理	87
项目六 合金铸铁	88
活动一 耐热铸铁	88
活动二 耐蚀铸铁	88
巩固练习	89

模块七 有色金属

项目一 铝及铝合金	91
活动一 工业纯铝	91



活动二 铝合金分类	91
活动三 形变铝合金	92
活动四 铸造铝合金	94
项目二 铜及铜合金	94
活动一 纯铜	94
活动二 铜合金	96
项目三 轴承合金	99
活动一 轴承合金的性能	99
活动二 常用轴承合金	100
巩固练习	102

模块八 铸造

项目一 砂型铸造	105
活动一 造型材料	105
活动二 模型和芯盒	107
活动三 造型	107
活动四 浇注系统	113
活动五 浇注、落砂与清理	113
项目二 特种铸造	114
活动一 熔模铸造	114
活动二 金属型铸造	115
活动三 压力铸造	116
项目三 铸件常见缺陷与技术检验	117
活动一 铸件常见的缺陷	117
活动二 铸件检验	120
项目四 铸造工艺设计	121
活动一 铸件图(毛坯图)	121
活动二 铸造方案的确定	122
项目五 常用铸造方法的选择	126
项目六 铸造生产的发展	126
巩固练习	128

模块九 锻压成形

项目一 锻压成形的分类、特点及应用	131
活动一 锻压成形的分类	131
活动二 锻压成形的特点和应用	131
项目二 金属压力加工工艺基础	132



活动一 金属的可锻性	132
活动二 坯料的加热和铸件的冷却	134
项目三 自由锻	135
活动一 自由锻设备	135
活动二 自由锻的基本工序及其操作	138
活动三 自由锻造的工艺规程	141
项目四 模型锻造	143
活动一 锤上模锻	144
活动二 胎模锻简介	145
活动三 压力机上模锻	148
项目五 冲压	150
活动一 冲压设备	150
活动二 板料冲压的基本工序	152
巩固练习	155

模块十 焊接成形 158

项目一 手工电弧焊	160
活动一 手工电弧焊的焊接过程	160
活动二 电弧焊冶金特点	160
活动三 焊接电弧	161
活动四 焊条	162
活动五 电弧焊设备	165
活动六 手工电弧焊工艺	166
项目二 其他焊接方法	167
活动一 埋弧焊	167
活动二 气体保护电弧焊	169
活动三 电渣焊	170
活动四 等离子弧焊	171
项目三 压焊与钎焊	173
活动一 电阻焊	173
活动二 摩擦焊	176
活动三 钎焊	177
项目四 常用金属材料的焊接	178
活动一 焊接接头的组织和性能	178
活动二 金属材料的可焊性	180
活动三 钢的焊接	181
项目五 金属的热切割	182
活动一 气割	182





活动二 等离子弧切割	183
巩固练习	183

模块十一 切削加工基础知识

185

项目一 切削加工概述	186
活动一 切削加工的实质和分类	186
活动二 切削加工在工业生产中的地位及特点	186
项目二 切削运动与切削用量	186
活动一 切削运动	187
活动二 切削用量	187
项目三 切削刀具	188
活动一 刀具材料	189
活动二 刀具角度	190
巩固练习	192

模块十二 金属切削机床及其加工

193

项目一 金属切削机床的分类与型号编制	194
活动一 金属切削机床的分类	194
活动二 金属切削机床型号的编制方法	194
项目二 车床及其加工	196
活动一 CA6140 型卧式车床	196
活动二 车床附件及工件装夹	198
活动三 车削加工范围	200
活动四 车削的工艺特点及应用	204
项目三 其他常用机床及其加工	204
活动一 钻床及其加工	205
活动二 刨床及其加工	206
活动三 铣床及其加工	208
活动四 数控机床加工简介	211
巩固练习	212

附录 A 常用材料的屈服强度和疲劳强度	214
附录 B 硬度的换算与对照	215
附录 C 金属材料热处理规范	217
参考文献	218

模块一

金属材料的性能

- 项目一 金属材料的力学性能
- 项目二 金属材料的物理和化学性能





金属材料是机械工业中应用最广泛的材料,这不仅是由于其材料来源丰富,生产工艺较简单且成熟,而且还因为其某些性能大大优于某些非金属材料。金属材料的选择都是围绕着性能进行的,熟悉它们的主要性能是合理选用材料的基础。

金属材料的性能是指用来表征材料在给定外界条件下的行为参量。当外界条件发生变化时,同一种材料的某些性能也会随之变化。通常所指金属材料的性能包括以下几个方面。

(1)使用性能。即为了保证零件、工程构件或工具等的正常工作,材料所应具备的性能,它包括力学性能、物理性能(如导电性、导热性、热膨胀性等)、化学性能(如抗腐蚀性、抗氧化性等)。材料的使用性能影响零件或工具的工作能力。

(2)工艺性能。即反映金属材料在被制成各种零件、构件和工具的过程中,材料适应各种冷、热加工的性能,主要包括热处理性能、铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削性能等。材料的工艺性能影响零件或工具制造的难易程度。

(3)力学性能。即材料抵抗外力作用的能力,通常把外力称为载荷或负荷,材料受到的载荷包括静载荷、冲击载荷、疲劳载荷等。在这些载荷作用下发生的变形形式有拉伸、压缩、剪切、扭转、弯曲等。常用的力学性能指标有强度、硬度、刚度、塑性和韧性等。



项目一 金属材料的力学性能

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时,材料就会发生变形,以致断裂。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(构)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。对冶金产品的生产来说,金属(钢铁)材料的力学性能还是改进工艺、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。静载荷是指逐渐而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力;齿轮、曲轴、弹簧等零件所承受的大小与方向是随时间而变化的载荷等。

无论何种固体材料,其内部原子之间都存在相互平衡的原子结合力的相互作用。当工件材料受外力作用时,原来的平衡状态受到破坏,材料中任何一个小单元与其邻近的各小单元之间就诱发了新的力,称为内力。在单位截面上的内力称为应力,以 σ 表示。材料在外力作用下引起形状和尺寸改变,称为变形,包括弹性变形(卸载后可恢复原来的形状和尺寸)和塑性变形(卸载后不能完全恢复原来的形状和尺寸)。

当载荷性质、环境温度与介质等外在因素改变时,对材料力学性能的要求也不同。金属材料的力学性能主要是指强度、硬度、刚度、塑性和韧性等。



活动一

强度指标

强度是材料抵抗变形和断裂的能力,它是通过拉伸试验来测定的。拉力试验能测出材料在静载荷(指缓慢增加的载荷)作用下的一系列基本性能指标,如弹性极限、屈服强度、抗拉强度和塑性等。进行拉伸试验时,先将材料加工成一定形状和尺寸的标准试样,如图 1-1 所示。然后在拉伸试验机上将试样夹紧,施加缓慢增加的拉力(载荷),一直到试样被拉断为止。在此过程中,试验机能自动绘制出载荷 F 和试样变形量 Δl 的关系曲线,此曲线叫做拉伸曲线。图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线,图中的纵坐标是载荷 F ,单位为 N(牛顿);横坐标是伸长量 Δl ,单位为 mm(毫米)。由图 1-2 可见,当试样由零开始受载荷到 F_e 点以前,试样只产生弹性变形。此时去掉载荷,试样能恢复原来的形状,当载荷超过 F_e 点后,试样开始塑性变形,此时去掉载荷,试样已不能完全恢复原状,而出现一部分残留伸长。载荷消失后不能恢复的变形称为塑性(或永久)变形。当载荷达到 F_s 点时,图上出现水平线段,这表示载荷虽然不增加,变形却继续增大,这种现象叫做屈服现象。此时若继续加大载荷,试样将发生明显变形伸长,当载荷增至 F_b 时,试样最弱的某一部位截面开始急剧缩小,出现缩颈现象。由于试样截面缩小,载荷逐渐降低,当到达 k 点时,试样便在缩颈处被拉断。

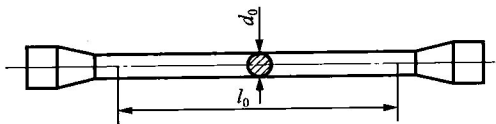


图 1-1 圆形拉伸试样

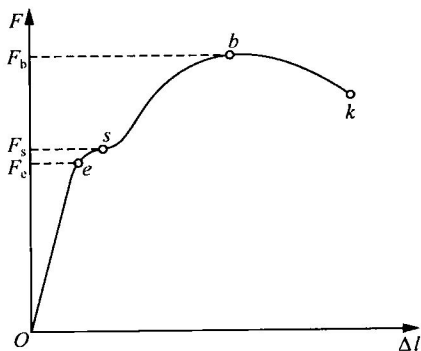


图 1-2 低碳钢拉伸曲线图

金属材料的强度指标有弹性极限、屈服点和强度极限,用应力表示。材料受到外力(载荷)作用时,在材料内部会产生一个与外力大小相等、方向相反的抵抗力(又称内力),单位面积上的内力称为应力,用符号 σ 表示。

1. 弹性极限

弹性极限(弹性强度)是材料所能承受的、不发生永久变形的最大应力,用符号 σ_e (MPa) 表示。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

式中: F_e ——试样不发生塑性变形的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始截面积 mm^2 。





2. 屈服点(屈服强度)

屈服点是材料开始产生明显塑性变形(即屈服)时的应力,用符号 σ_s (MPa)表示。

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

式中: F_s ——试样发生屈服现象时的载荷, N;

S_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

有些材料(如高碳钢)在拉伸曲线上没有明显的屈服现象,它的屈服点很难测定。在这种情况下,工程技术上把试样产生 0.2% 残留变形的应力值作为屈服点,又称条件屈服点,用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

机械零件在工作中一般不允许发生塑性变形,所以屈服点是衡量材料强度的重要力学性能指标,是设计和选材的主要依据之一。

3. 强度极限(抗拉强度)

强度极限是材料在断裂前所能承受的最大应力,用符号 σ_b (MPa)表示。

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

式中: F_b ——试样在断裂前的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

强度极限反映材料最大均匀变形的抗力,是材料在拉伸条件下所能承受的最大载荷的应力值。它是设计和选材的主要依据,也是衡量材料性能的主要指标。当机械零件工作中承受的应力大于材料的抗拉强度时,零件就会产生断裂,所以 σ_b 表征材料抵抗断裂的能力。 σ_b 愈大,则材料的破断抗力越大。零件不可能在接近 σ_b 的应力状态下工作,因为在这样大的应力下,材料已经产生了大量的塑性变形,但从保证零件不产生断裂的安全角度出发,同时考虑 σ_b 测量的简便性,使测得的数据比较准确(特别是脆性材料),所以在许多设计中直接用 σ_b 作为设计依据,但要采用更大的安全系数。

由上述可知,强度是表征金属材料抵抗过量塑性变形或断裂的物理性能。 σ_s/σ_b 的比值称为屈强比,是一个有意义的指标。比值越大,越能发挥材料的潜力,减小结构的自重。但为了使用安全,亦不宜过大,适合的比值在 0.65~0.75。

活动二

刚度指标

材料在受力时抵抗弹性变形的能力称为刚度,它表示材料弹性变形的难易程度。材料刚度的大小通常用弹性模量 E 来评价。

弹性模量(刚度) E 是指材料在弹性状态下的应力与应变的比值,即

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

式中: σ ——应力, MPa;

ϵ ——应变,即单位长度的伸长量, $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$ 。

弹性模量 E 表征材料产生单位弹性变形所需要的应力,反映了材料产生弹性变形的难易



程度,在工程上称为材料的刚度。弹性模量 E 值愈大,则材料的刚度愈大,材料抵抗弹性变形的能力就愈大,即零件或构件保持其原有形状和尺寸的能力也愈大。

在设计机械零件时,要求刚度大的零件,应选用具有高弹性模量的材料。钢铁材料的弹性模量较大,所以对要求刚度大的零件,通常选用钢铁材料,例如镗床的镗杆应有足够的刚度,如果刚度不足,当进刀量大时镗杆的弹性变形就会偏大,镗出的孔就会偏小,因而影响加工精度。

要求在弹性范围内对能量有很大吸收能力的零件(如仪表弹簧)一般使用软弹簧材料铍青铜、磷青铜制造,应具有极高的弹性极限和低的弹性模量。

绝大多数的机械零件都是在弹性状态下进行工作的,对其刚度都有一定的要求。提高零件刚度的办法除改变零件的截面尺寸或结构外,从金属材料性能上考虑,就必须增加其弹性模量 E 。弹性模量 E 的大小主要取决于材料的本性,而合金化、热处理、冷变形等对它的影响很小。通常过渡族金属如铁、镍等具有较高的弹性模量。所以从刚度出发,选用一般的钢材即可,不必选用合金钢。一些金属的弹性模量如表 1-1 所示。

表 1-1

常见金属的弹性模量

金 属	弹性模量 E/MPa	切变模量 G/MPa
铁	214 000	84 000
镍	210 000	84 000
钛	118 000	44 670
铝	72 000	27 000
铜	1320 000	49 270
镁	45 000	18 000

活动三

塑性指标

塑性是指金属材料在载荷作用下断裂前发生不可逆永久变形的能力。评定材料塑性的指标通常是指伸长率和断面收缩率。

1. 伸长率 δ

伸长率可用下式确定

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

式中: L_0 ——试棒原标距长度, mm;

L_1 ——拉断后试棒的标距长度, mm。

在材料手册中常常可以看到 δ_5 和 δ_{10} 两种符号,它们分别表示用 $L_0 = 5d$ 和 $L_0 = 10d$ (d 为试棒直径)两种不同长度试棒测定的伸长率。 L_1 是试棒的均匀伸长和产生缩颈后伸长的总和。很明显,短试棒中缩颈的伸长量所占的比例大,故同一材料所测得的 δ_5 和 δ_{10} 值是不同的, δ_5 的值较大,而 δ_{10} 的值较小,例如钢材的 δ_5 大约为 δ_{10} 的 1.2 倍。所以相同符号的伸长率才能进行相互比较。





2. 断面收缩率 ψ

断面收缩率用下式求得

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中: S_0 ——试棒原来的截面, mm;

S_1 ——试棒拉断后缩颈处的截面积, mm。

断面收缩率不受试棒标距长度的影响, 因此能更可靠地反映材料的塑性。

对必须承受强烈变形的材料, 塑性指标具有重要的意义。塑性优良的材料冷压成形性好。此外, 重要的受力零件也要求具有一定塑性, 以防止超载时发生断裂。

伸长率和收缩率也表明材料在静载或缓慢增加的拉伸应力下的韧性。不过在很多情况下, 具有高收缩率的材料可承受高的冲击吸收功。必须指出, 塑性指标不能直接用于零件的设计计算, 只能根据经验来选定材料的塑性。一般来说, 伸长率达 5% 或断面收缩率达 10% 的材料即可满足绝大多数零件的要求。

活动四

硬度指标

硬度是材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是材料的一个重要指标, 其试验方法简便、迅速, 不需要破坏性试件, 设备也比较简单, 而且对大多数金属材料, 可以从硬度值估算出它的抗拉强度, 因此在设计图样的技术条件中大多规定材料的硬度值。检验材料或工艺是否合格有时也需用硬度。因此, 硬度试验在生产中广泛应用。

材料的硬度值是按一定方法测出的数据, 不同方法在不同条件下测量的硬度值, 因含义不同, 其数据也不同, 因此一般不能进行相互比较。根据载荷的性质及测量方法的不同可分为布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)、维氏硬度(HV)、肖氏硬度(HS)等多种。前三种都是静载荷压入法。肖氏硬度是动载荷压入法, 也称为弹性回跳法, 适用于对大型构件的现场测量, 在生产中最常用的是前两种硬度计。维氏硬度计较为娇贵, 多用于试验室。各种硬度值之间可以换算, 较精确的换算可查有关对照表。

1. 布氏硬度

布氏硬度是在布氏硬度计上进行测量的。用规定直径(D)的圆球作为压头, (可用淬硬的钢球或硬质合金球) 在规定的试验力(F)作用下, 将压头压入光洁的金属表面, 经过规定的试验力作用时间(t)后, 卸除试验力。用读数显微镜测量出压痕直径(d)。最后, 根据布氏硬度的定义公式计算出布氏硬度值。布氏硬度测量的原理图如图 1-3 所示。

布氏硬度的定义是

$$HB = \frac{F}{A} \quad A = \frac{\pi}{2} D(D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

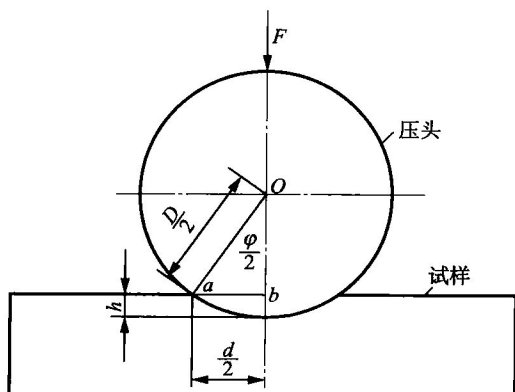


图 1-3 布氏硬度原理图