



世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车材料

主编 汪 涛 刘子利



北京邮电大学出版社

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

汽车材料

主 编 汪 涛 刘子利

北京邮电大学出版社
·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

汽车材料/汪涛,刘子利主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1309-4

I. 汽... II. ①汪...②刘... III. 汽车—工程材料—专业学校—教材 IV. U465
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082662 号

书 名 汽车材料
主 编 汪 涛 刘子利
责任编辑 周 堃 聂立芳
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 14.25
字 数 292 千字
版 次 2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5635-1309-4/TH·23
定 价 17.50 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系
E-mail: publish@bupt.edu.cn

电话: (010)82551166 (010)62283578
Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

本书是根据教育部中等职业学校汽车运用与维修专业(学制3年)数学指导方案的基本精神,并为满足中等职业学校“汽车材料”课程教学的需要而编写的,主要内容包括金属材料,非金属材料以及汽车运行材料三大部分。本书在内容的选取编排上,既注意夯实材料理论知识基础,又着重介绍了不同类型的材料在汽车上的具体应用,此外还突出了在汽车运用与维修过程中汽车材料的实际运用能力的培养。从而使学生对常用汽车金属、非金属材料、汽车运行材料的分类、牌号、性能及选用等知识有一个基本的了解,培养学生应用汽车材料,特别是油料、辅料的基本能力,提高学生的专业素养和专业基本技能,并为后续专业课程和解决汽车运用与维修的工程实际问题打下基础。

本书是中等职业学校汽车运用与维修专业教材,也可作为汽车行业从业人员岗位培训用书。本书内容采用模块式结构,包括理论知识基础模块、选学模块(标注*部分)和实践教学模块。基础模块和实践教学模块是本专业必须完成的,有实际需要的专业可从选学模块中选择内容学习。

本书的金属材料与非金属材料部分由汪涛编写,汽车运行材料部分由刘子利编写。由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 金属材料

第一章 金属材料的力学性能	2
第一节 强度与塑性	2
第二节 硬度	6
第三节 冲击韧性	9
第四节 疲劳强度	10
第五节 断裂韧性	10
* 第六节 金属材料的物理化学性能	11
练习与思考题	13
第二章 黑色金属	14
第一节 铁碳合金的相与组织组成	14
第二节 铁碳合金的成分组织与性能	18
第三节 碳钢	20
* 第四节 钢的热处理工艺简介	26
第五节 合金钢	30
第六节 铸铁	35
第七节 粉末冶金材料简介	41
练习与思考题	43
第三章 有色金属	45
第一节 铝及铝合金	45
第二节 铜及铜合金	49
第三节 滑动轴承合金	54
练习与思考题	57

第四章 典型汽车零件金属材料的选择	58
第一节 零件选材原则	58
第二节 汽车零件选材与工艺举例	60
练习与思考题	63

第二部分 非金属材料

第五章 橡胶制品	66
第一节 概述	66
第二节 橡胶的品种、性能和一般用途	67
第三节 橡胶制品在汽车上的应用	71
练习与思考题	75
第六章 玻璃	76
第一节 玻璃的分类及性能	76
第二节 汽车用玻璃	77
第三节 车用玻璃新技术	80
练习与思考题	81
第七章 摩擦材料	82
第一节 摩擦材料简介	82
第二节 汽车对制动摩擦片的性能要求	83
第三节 常用汽车摩擦片组分、成型工艺及性能	85
练习与思考题	87
第八章 陶瓷材料	88
第一节 概述	88
第二节 常用陶瓷	89
第三节 陶瓷材料在汽车上的应用	92
练习与思考题	94
第九章 塑料	95
第一节 概述	95

第二节 常用塑料的品种、性能和用途	98
第三节 塑料在汽车上的应用	102
练习与思考题	104
第十章 复合材料	105
第一节 复合材料的概念及分类	105
第二节 复合材料在汽车上的应用	107
练习与思考题	111
第十一章 汽车涂装涂料	112
第一节 常用汽车涂料的涂装	112
第二节 汽车涂料	113
第三节 常用的汽车涂料品种	116
第四节 汽车用涂料的配套	120
第五节 汽车用涂料的发展	121
练习与思考题	122
第三部分 汽车运行材料	
第十二章 石油的化学组成与炼制	124
第一节 石油的化学组成	124
第二节 石油的炼制方法	126
练习与思考题	129
第十三章 汽车燃料	130
第一节 无铅汽油的性能指标、标准及选用	130
第二节 轻柴油的性能指标、标准及选用	137
第三节 车用环保燃料	142
练习与思考题	144
第十四章 润滑剂	145
第一节 内燃机油	145
第二节 车辆齿轮油	160
第三节 液力传动油与液压油	168

第四节 润滑脂	175
练习与思考题	187
第十五章 汽车用工作液	189
第一节 制动液	189
第二节 发动机防冻液	194
第三节 制冷剂和减震器液	196
练习与思考题	197
第十六章 轮胎的使用与管理	199
第一节 汽车轮胎的作用与结构特点	199
第二节 汽车轮胎的分类	201
第三节 轮胎的规格与表示方法	204
第四节 轮胎的选用与维护管理	209
练习与思考题	214
实验	215
实验一 钢铁材料的金相组织认知实验	215
附 录 金相显微镜及金相试样制备简介	216
实验二 油品认知试验	218
实验三 轮胎结构认识与标志识别	219

第一部分

金属材料

构成汽车的零件约有两万多个,其中约 86% 是金属材料。例如,在 20 世纪 90 年代日本的 37% 的冷轧薄钢板、33% 的热轧钢薄板、24% 的特殊钢以及 83% 的铸铝都是用于汽车制造方面。

金属材料之所以在汽车上得到广泛应用,是由于它具有许多良好的性能。金属材料的性能包含工艺性能和使用性能两方面。工艺性能是指制造工艺过程中材料适应加工的性能,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能。使用性能则是金属材料在使用条件下所表现出来的性能,包括力学性能、物理和化学性能。

第一章 金属材料的力学性能

实际进行机械设计时,主要考虑的是材料的使用性能,其中尤以力学性能最为重要。金属材料的力学性能,即是指金属材料在有外力(载荷)作用时表现出来的性能,包括强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。载荷的形式见图1-1。

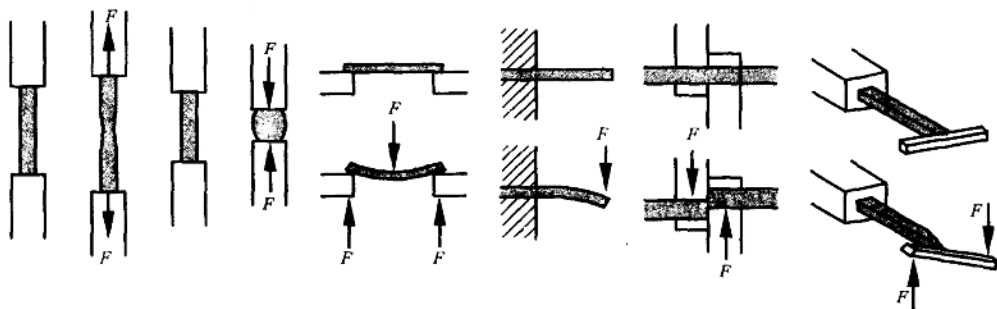


图1-1 载荷的形式

金属材料在外力作用下,形状和尺寸的变化称为变形。根据变形能否恢复,可将变形分为弹性和塑性变形两种。弹性变形是金属材料受外力作用时产生变形,当外力去掉后能恢复其原来形状的变形;塑性变形是在外力消失后留下的不可恢复的变形。

材料的力学性能通常是在试验室内模拟生产条件来确定合适的试验方法。利用不同的试验方法来确定材料的力学行为特征及评定材料力学性能的指标。这些性能指标是材料设计、材料选用、工艺评定以及材料检验的重要依据。

第一节 强度与塑性

一、静拉伸试验及试样

常用静拉伸试验来测量金属材料的强度与塑性指标。按照国家标准(GB6397-86),将被测试金属材料加工成如图1-2所示的圆柱形光滑试样,图中 d_0 为试样直径, l_0 为标距长度。根据 d_0 和 l_0 的关系,可将试样分为长试样($l_0 = 10d_0$)和短试样($l_0 = 5d_0$)。

将圆柱形拉伸试样装夹在拉伸试验机上,沿试样轴向以一定速度施加载荷,使其发生拉伸变形直至断裂。通过力与位移传感器可获得载荷(F)与试样伸长量(Δl)之间的关系曲线,称为拉伸曲线或 $F-\Delta l$ 曲线(图1-3)。通过拉伸试验可以揭示材料在静载荷作用下的

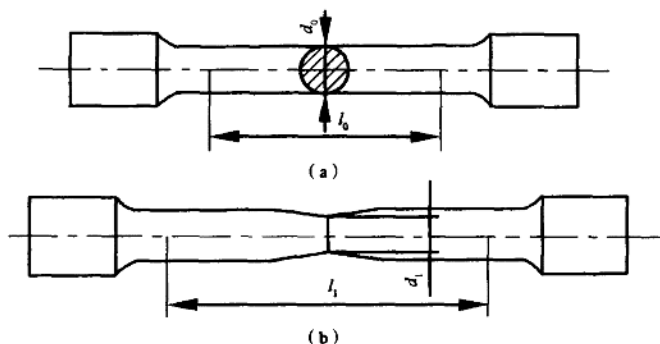


图 1-2 圆形拉伸试样

力学行为,即弹性变形、屈服阶段、塑性变形、断裂等基本过程,还可以确定材料的最基本的力学性能指标。

弹性变形阶段(Oe 段),当载荷不超过 F_p 时,拉伸曲线 Op 为直线段,试样变形完全是弹性的,卸载后试样即恢复原状。

屈服阶段(es' 段),当载荷超过 F_p 时,若卸载的话,试样的伸长只能部分地恢复,而保留一部分残余变形。当载荷增加到 F_s 时,拉伸图上会出现平台或锯齿状,这种载荷不增加或略有降低的情况下,试样继续发生变形的现象被称为屈服。 F_s 被称为屈服载荷。屈服后,试样将残留较明显的塑性变形。

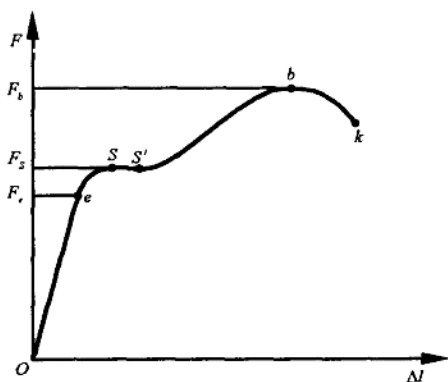


图 1-3 力—伸长曲线

强化阶段($s'b$ 段),在屈服以后,如果要使试样继续伸长,必须不断加载。随着塑性变形增大,试样的抗变形能力也在逐步增加,这种现象被称为形变强化或加工硬化。 F_b 为拉伸试验时试样的最大载荷。

缩颈阶段或局部变形阶段(bk 段),当载荷达到最大值 F_b 时,试样的直径发生局部收缩,称为“缩颈”。试样变化所需载荷也随之降低,这是伸长主要集中于缩颈部位,直至断裂。

除了低碳钢以外,大多数金属材料没有明显的屈服现象。此外,对于诸如球墨铸铁的低脆性材料没有“缩颈”。

二、强度

强度是材料抵抗塑性变形或断裂的能力。强度的大小常用应力来表示,即单位面积上

材料抵抗变形或断裂的内力,符号为 σ ,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ 。

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1-1)$$

式中, F 为载荷,单位 N ; S_0 为试样原始截面积,单位 m^2 。

此外,还用伸长除以试样原始标距长度的值称为应变,以 ε 表示。

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1-2)$$

式中, Δl 为试样的伸长; l_0 为试样原始标距长度。

按作用力性质不同,强度可分为屈服点(屈服强度)、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。在工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服强度和抗拉强度。

1. 弹性极限与弹性模量(刚度)

弹性极限是表征材料保持弹性变形的最大应力,也可定义为材料开始产生微量塑性变形的抗力,记为 σ_e ,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$,可用下式求出:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0} \quad (1-3)$$

式中, F_e 弹性极限载荷,单位 N 。弹性极限是材料按照弹性变形方式变形的极限承载能力,是弹簧等弹性元件的重要性能指标。

在达到弹性极限(e 点)以前,载荷 F 与伸长量 ΔL 呈线性变化关系,也即应力与应变之比为常数,这个常数就被称为弹性模量,也被称为材料的刚度,用 E 表示。

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1-4)$$

材料的刚度取决于材料的本性,其值越大,说明材料产生一定弹性变形所需施加的载荷越大,即材料抵抗弹性变形的能力越强。

2. 屈服强度(屈服点)

在拉伸过程中,出现载荷不增加而试样还继续伸长的现象称为屈服。屈服强度表示金属开始发生明显塑性变形的抗力。记为 σ_s ,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$,可由下式求出:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (1-5)$$

式中, F_s 为屈服时的外载荷,单位 N 。大多数工程材料都没有明显的屈服现象,因此,通常规定产生0.2%残余伸长所对应的单位面积的载荷($F_{0.2}$),作为条件屈服强度,记为 $\sigma_{0.2}$,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$,即:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} \quad (1-6)$$

屈服强度应高于零件中单位面积所承受的工作载荷,否则零件就会因为过量的塑性变

形而报废。绝大多数零件,在工作时都不允许产生明显的变形,因此屈服强度是机械零件设计和选材的主要依据之一。

3. 抗拉强度(强度极限)

当拉伸试样屈服以后,欲继续变形,必须不断增加载荷。当载荷达到最大值 F_b (单位为 N) 后,试样的某一部位截面开始急剧缩小,出现了“缩颈”,致使载荷下降,直到最后断裂。抗拉强度也被称为强度极限,是材料在拉伸条件下所能够承受最大载荷时的应力值,以试样能承受的最大载荷与试样原始截面积的比值表示,记为 σ_b 应力,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$,即:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (1-7)$$

零件在工作时承受的单位面积最大载荷不允许超过抗拉强度,否则会发生断裂破坏。所以抗拉强度是零件因断裂而失效的主要设计和选材依据,但与屈服强度相比,必须采用更大的安全系数。

三、塑性

塑性就是指断裂前材料产生永久变形的能力,常用塑性指标有伸长率(δ)和断面收缩率(ψ),两者均为无单位量纲。

1. 伸长率

如图 1-4 所示,在拉伸试验中,试样拉断后,标距的伸长与原始标距的百分比称为伸长率(δ)。其数值可由下式求出:

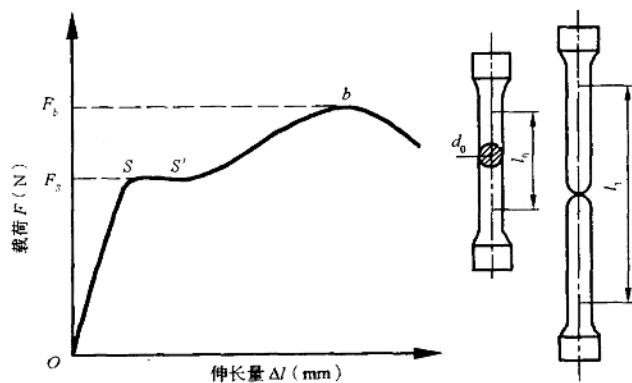


图 1-4 静拉伸试样伸长变形示意图

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中, l_0 为试样原始标距长度, l_1 为试样断裂后标距的长度。 δ 越大, 表示材料的塑性越好。通常用 $l_0 = 5d_0$ 和 $l_0 = 10d_0$ 两种试样来测定伸长率, 分别记为 δ_5 和 δ_{10} 。试验结果表明, 对同一材料制成的 δ_5 一般比 δ_{10} 大 20%。所以, 在用伸长率比较材料塑性大小时, 只有同符号的伸长率才有可比性。

2. 断面收缩率(ψ)

试样拉断后, 缩颈处截面积的最大缩减量与原横断面积的百分比称为断面收缩率。其数值可由下式求出:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-9)$$

S_0 和 S_1 分别是试样原始截面积和试样断裂处截面积。 ψ 越大, 表示材料的塑性越好。与 δ 不同, ψ 不受试样尺寸影响, 能稳定地反映材料的塑性。

对冷压成型零件用材应具有足够的塑性变形能力; 服役的零件也要求具有一定的塑性, 以承受偶然的过载。伸长率、断面收缩率越高, 材料的塑性越好, 在一定的强度要求前提下, 零件的安全可靠性高。

第二节 硬 度

材料抵抗另一硬物体压入其内的能力叫硬度, 即受压时抵抗局部塑性变形的能力。硬度是材料抵抗局部变形的能力。硬度是金属材料的一个重要的力学性能指标, 不仅可以间接地反映材料的强度硬度试验, 还可以提供耐磨性的度量。

通常采用静载压入法试验。与拉伸试验相比, 这种硬度试验不需要专门制作试样, 而且不破坏零件。在实际生产中, 一般零件大多采用硬度试验来检测其力学性能。

常用的硬度测试方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度试验法。

一、布氏硬度

1. 布氏硬度测量原理

如图 1-5, 将直径为 D 的球体(钢球或硬质合金球)在一定载荷 F 作用下压入试样表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测量其压痕直径, 以用单位压痕球冠面积上所承受的载荷来表示布氏硬度值。用符号 HBS(当用钢球压头时)或 HBW(当用硬质合金球时)来表示。即:

$$\text{HBS (HBW)} = \frac{F}{S} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-10)$$

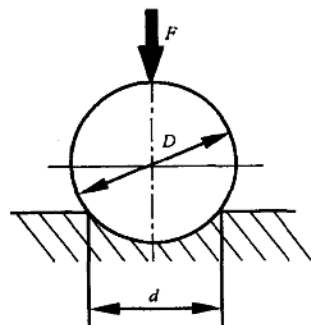


图 1-5 布氏硬度试验原理图

式中, F 为试验力, 单位 N; D 为压头的直径, 单位 mm。

材料软, d 值大, 压坑面积大, HB 值低。在实际测量中, 布氏硬度值可以通过测量压痕平均直径 d 查表得到。HBS 适合于测量 450HB 以下的材料; HBW 适合于测量 350HB ~ 650HB 的材料。

2. 布氏硬度的书写方式

符号 HBS 或 HBW 之前的数字表示硬度值, 符号后面的数字按顺序分别表示球体直径、载荷及载荷保持时间。如:

120HBS10/1000/30

表示直径为 10mm 的钢球在 1000kgf(9.807kN) 载荷作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 120。

3. 布氏硬度的优点

- ①测量误差小、数据稳定;
- ②布氏硬度和强度有较好的对应关系。

材料的 σ_s 和 HB 之间的经验关系为:

低碳钢: σ_s (MPa) ≈ 3.6 HB

高碳钢: σ_s (MPa) ≈ 3.4 HB

灰铸铁: σ_s (MPa) ≈ 1 HB 或 σ_s (MPa) ≈ 0.6 (HB - 40)

4. 布氏硬度的缺点

- ①只适用于低硬度材料如铸铁、有色金属、低合金结构钢和结构调质钢等的硬度测量;
- ②压痕大, 不能用于薄壁件或成品件, 常用于原材料、毛坯、半成品的硬度测量;
- ③只有 F/D^2 的值为常数的布氏硬度才有可比性。

二、洛氏硬度

1. 洛氏硬度测量原理

洛氏硬度测量也是一种压入硬度试验, 但它不是测定压痕的面积, 而是测定压痕的深度, 以深度的大小表示材料的硬度值。

在预载荷 F_0 和总载荷 F (为预载荷 F_0 和主载荷 F_1 之和) 的先后作用下, 将金刚石压头 (或钢球压头) 压入的金属表面一定深度, 保持一定时间后卸去主载荷 F_1 , 用测量的残余压痕深度增量 ($h_1 - h_0$) 计算洛氏硬度值 (h_0 为预载荷压入的深度; h_1 为卸除主载荷后残余压痕的深度)。($h_1 - h_0$) 越大, 表示材料硬度越低。实际测量时硬度可直接从洛氏硬度计表盘上读得。

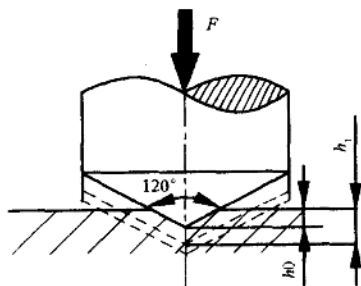


图 1-6 洛氏硬度测量原理图

根据压头的种类和总载荷的大小,洛氏硬度常用的表示方式主要有 HRA、HRB、HRC 和 HRF 等四种。

2. 洛氏硬度种类

HRA:压头采用 120° 金刚石圆锥,载荷 60Kgf,测量范围 70 以上,主要测定零件表面硬化层、硬质合金等材料的硬度;

HRB:压头采用 1.588mm 直径钢球,载荷 100Kgf,测量范围 HRB25 ~ 100,主要测定软钢、铜合金等材料的硬度。

HRC:压头采用 120° 金刚石圆锥,载荷 150Kgf,测量范围 HRC20 ~ 67,主要测定调质钢、淬火钢等材料的硬度。

HRF:压头采用 1.588mm 直径钢球,载荷 60Kgf,测量范围 HRF25 ~ 100,常用来测量镁合金、铝合金等材料的硬度。

3. 洛氏硬度的书写方式

符号 HR 前面的数值为硬度值,后面为使用的标尺,如:50HRC 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 50。

4. 洛氏硬度的优缺点

操作简便,压痕小,适用范围广。洛氏硬度测量结果分散度大,需多次测量取平均值。洛氏硬度不宜测定硬而脆的薄层,硬薄层工件常用维氏硬度衡量。不同标尺的硬度值间无可比性,必须查表换算。

三、维氏硬度(HV)

1. 维氏硬度测量原理

维氏硬度测量原理与布氏硬度相同。不同点是压头为金刚石四方角锥体,所加负荷较小,所测硬度值精确。改变负荷可测定从极软到极硬材料的硬度。压头是 136° 金刚石四棱锥体,测量出压痕对角线(图 1-7),用此值查表得硬度值,用 HV 表示。

2. 维氏硬度优点

维氏硬度保留了布氏硬度和洛氏硬度的优点,既可以测极软到极硬材料的硬度,又不存在布氏硬度 F/D^2 关系的约束,不同的 HV 可相互比较。维氏硬度适用于各种金属材料,尤其是表面层(如化学热处理层、电镀层)的硬度测量,精度较高。但试验测定较为繁琐,要求被测面光洁度高,因此不宜于批量产品的常规检验。

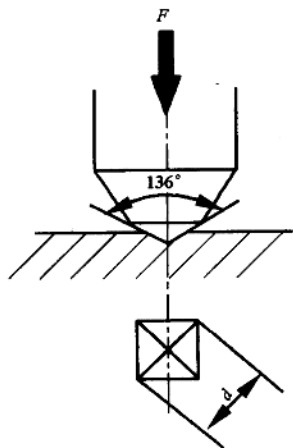


图 1-7 维氏硬度试验原理图

第三节 冲击韧性

许多机械零件和工具在工作中,往往要受到冲击载荷的作用,如发动机活塞、连杆、曲轴等零件在做功行程中受到很大的冲击载荷;汽车起步、换档、制动时钢板弹簧、齿轮、传动轴、半轴等零件会受到很大的冲击载荷。通常用冲击韧性来评定材料抵抗冲击的能力。

冲击试验试样的类型分为 V 型和 U 型缺口标准试样。图 1-8 所示为 U 型缺口标准试样的形状和尺寸。

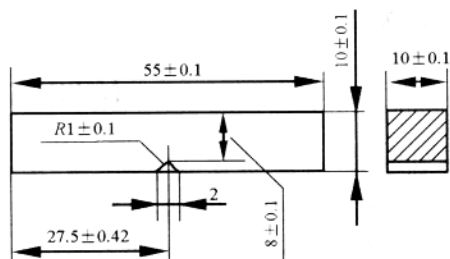


图 1-8 U 型缺口冲击试样

测定材料的冲击韧性一般是在一次摆锤冲击试验机上进行,如图 1-9 所示。将试样放在试验机的支座上,将具有一定质量的摆锤举至一定高度,再将其释放,冲断试样。摆锤冲断试样所失去的能量,即对试样断裂所作的功,称为冲击功,用 A_k 表示。

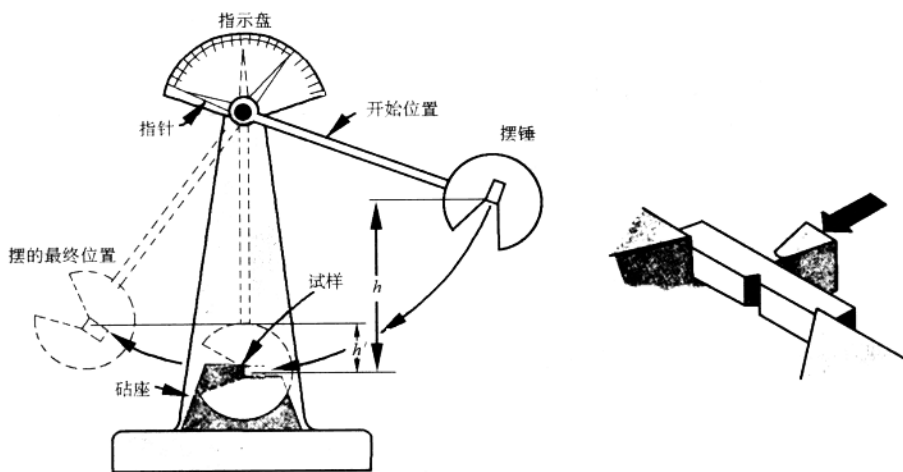


图 1-9 一次摆锤冲击试验

材料抵抗冲击载荷作用的能力称为冲击韧性。用冲击吸收功除以试样缺口处截面积 S_0 ,即得到材料的冲击韧度 a_k ,单位为 J/cm^2 。 a_k 对材料的内部缺陷、显微组织的变化很敏感,也可用来评定材料的冶金质量及热加工产品质量。

实际上,在冲击载荷下工作的零件,很少是受大能量一次冲击而破坏的,往往是经受小