



21 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

金属工艺学

主编 汪 涛
刘子利
周燕飞



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

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

金属工艺学

主 编 汪 涛 刘子利 周燕飞

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/汪涛主编. —北京:北京邮电大学出版社,2007(2007.9重印)

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1443 - 4

I. 金... II. 汪... 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(2007)第 028406 号

书 名 金属工艺学
主 编 汪 涛 刘子利 周燕飞
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 15.25
字 数 316 千字
版 次 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 9 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1443 - 4/TH · 36
定 价 19.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁发的《中等职业技术学校金属工艺学教学大纲》，并参考各院校专科教学改革的有益经验编写而成。金属工艺学是研究机械零件制造工艺的综合性技术基础课。本书对传统的金属工艺学课程内容进行了适当的调整和增删。全书内容分为机械工程材料基础、金属热加工基础、金属切削加工基础三篇。本书是中职中专院校机械与机电类及近机类等工科各专业“金属工艺学”课程教材，同时也可供职工大学、业余大学、函授大学的师生及有关工程技术人员、企业管理人员选用或参考。

本书编写和使用中遵循以下原则：

(1) 课程教学要服从培养生产第一线技术应用性人才的专业培养总目标，坚持基础理论教学以服务应用为目的，以必需够用为度，以掌握概念、强化应用为教学重点。

(2) 为适应课内教学总时数削减的要求，减少重复内容，根据各校专业教学改革经验，对原有课程理论内容适当削减。

(3) 教材内容选取以生产第一线广泛使用的或近期能够推广使用的技术为主。与过去出版的金工教材相比，提高了对常用工程材料和近年广泛应用的某些热加工工艺技术的教学要求。

(4) 为培养学生基本素质，教材适当引用技术经济分析和质量管理概念，贯彻环境保护和可持续发展的观点。

(5) 本教材尽力贯彻最新国家标准中各种技术术语、符号、数表和法定计量单位，积极采用《钢分类》等近年颁布的一系列新标准，同时注意到由旧标准向新标准的过渡。

(6) 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，有实际需要的专业课从选学模块中选择内容。由于各学校各专业的专业性质、培养目标不同，讲授时对本教材的内容可有所侧重或取舍。有关内容可要求学生结合金工实习进行自学。

参加本书的工程材料部分由汪涛教授编写，热加工工艺基础部分由刘子利教授编写，机械加工工艺基础部分由周燕飞教授编写。在编定过程中得到诸多院校和企业事业单位的大力支持，并参考了有关文献资料，在此一并表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免有缺点错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论	1
第一章 金属材料的力学性能	3
第二章 金属的晶体结构与结晶	13
第三章 铁碳合金状态图	22
第四章 非合金钢(碳钢)	30
第五章 钢的热处理	36
第六章 合金钢	53
第七章 铸铁	70
第八章 有色金属及其合金	78
第九章 典型零件材料的选用与热处理	90
第十章 铸造	100
第十一章 锻压	123
第十二章 焊接	140
第十三章 毛坯生产方法的选择	164
第十四章 金属切削基本知识	177
第十五章 车削加工	197
第十六章 铣削加工	211
第十七章 其他加工方法简介	224

绪 论

一、金属工艺学发展历史

金属工艺学来源于人类的生产实践,具有悠久的发展历史,它对人类文明进步起到了积极的推动作用。在石器时代,人类的祖先以石器为主要工具,石块是人类历史最早使用的工程材料。人类的祖先在不断改进石器的过程中发现了天然铜块和铜矿石,并在陶器的制造过程中发现了冶铜术,后来又将锡矿石和铜矿石一起冶炼,生产出了更加坚韧和耐磨的青铜,人类社会从此进入青铜器时代。公元 1200 年左右,人类开始使用铁,人类社会进入铁铜器时代。后来钢铁工业迅速发展,成为 18 世纪产业革命的重要内容和物质基础。

在金属加工工艺与技术方面,中华民族取得过辉煌的成就。我国使用铜的历史有 4000 年左右,在商代(公元前 1562 ~ 1066)就有高度发达的青铜加工技术。我国铁的使用比欧洲早 1900 余年,在春秋时期就大量使用了铁器。东汉时期我国就掌握了炼钢技术,比其他国家早 1600 余年。河南安阳出土的司母戊大方鼎,重达 875kg,它不仅体积庞大,而且上面花纹精巧、造型精美,反映了我国古代高超的铸造技术。湖北江陵出土的湖北楚墓的越王勾践宝剑在地下埋藏 2000 多年,出土时仍旧寒光逼人、锋利无比,经研究发现是因为越王勾践宝剑经过了硫化处理,反映了中华民族先人高超的铸造、热处理技术。我国到明朝就有比较完整的金属加工工艺的文字著作。宋应星在其所著的《天工开物》一书中,记载了冶铁、炼钢、铸钟、锻铁和淬火等各种金属加工方法,是世界上最早比较全面阐述金属加工工艺与技术的科学文献之一。

新中国成立后,我国在金属材料、非金属材料及其加工工艺方面有了突飞猛进的发展。原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、超导材料、纳米材料等重大项目的研究与试验成功,标志着我国在不断出现新材料、新工艺、新技术和新设备,这就标志着在材料生产和加工技术方面达到了很高的水平。相信在不远的将来,我国在以金属加工工艺与技术为基础的机械制造领域一定能重新步入世界先进行列。

二、本课程主要内容与性质

金属工艺学是一门研究有关制造金属机件的工艺方法的综合性技术科学的课程,是机械类各专业所开设的一门必修技术基础课。本课程主要有三大方面的内容:机械工程材料、金属热加工技术基础与金属机械加工技术基础。机械工程材料部分包括材料的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金状态图等金属学基础理论和非合金钢、钢的热处理、低合金钢与合金钢、铸铁、有色金属等;热加工技术基础部分包括铸造、锻压、焊接等热加工工艺;金属机械加工技术基础部分则包括金属切削基础知识、金属切削机床及加工知识等。

金属工艺学是一门研究有关制造金属机件的工艺方法的综合性技术学科。金属工艺学理论是一门传统的经典理论,是机械类各专业的入门课,后续的专业基础课和专业课都要应用本课程引入的基本概念、基本理论、基本方法,课程涉及面广、范围大。

三、课程的基本要求

金属工艺学是一门培养学生具有一定材料选用、处理及工艺知识的技术基础课,为学生学习后续课程及解决生产实际问题奠定基础。本课程教学内容方面应着重基本知识、基本理论和基本方法,在培养学生实践能力方面应着重技能的基本训练,同时注意培养学生正确的思想和严谨的工作作风。

开设本课程的目的是使学生懂得有关金属材料和其他工程材料的基本知识,了解常用金属材料的成分、组织、性能及热处理工艺之间的关系。了解铸造、压力加工、焊接和切削加工工艺基础知识,为学习其他课程和从事生产技术工作打好必要的基础。

本课程的主要任务:

- (1)学习热处理、铸造、压力加工、焊接与机械加工等金属机件制造工艺方法的基本原理;
- (2)培养学生合理选用金属材料的能力;
- (3)培养学生选择毛坯、零件加工方法以及制定简单零件(毛坯)加工工艺规程的初步能力;
- (4)培养学生具有零件毛坯加工方法的工艺知识和零件的结构工艺性知识;
- (5)具有综合运用工艺知识,分析毛坯或零件结构工艺性的初步能力,以及建立质量和经济概念;
- (6)培养学生严谨的科学态度,实践动手能力,以及分析问题的能力。

第一章 金属材料的力学性能

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。

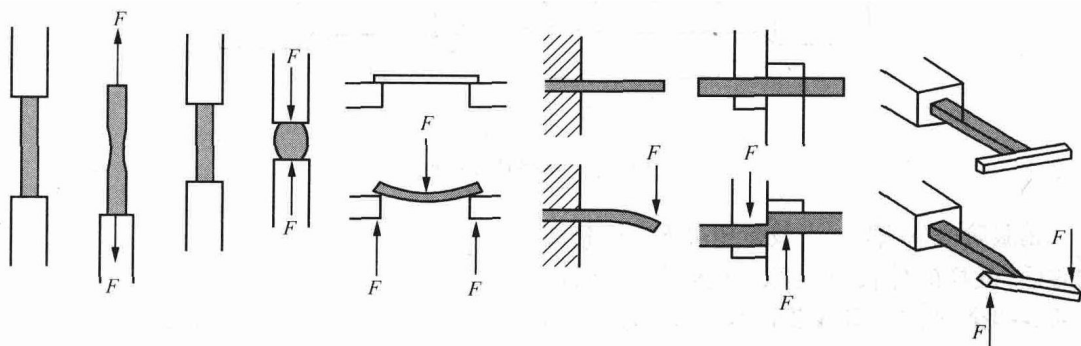


图 1-1 载荷的形式

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。

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(GB 6397—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_e 时,拉伸曲线 Oe 为直线段,试样变形完全是弹性的,卸载后试样即恢复原状。

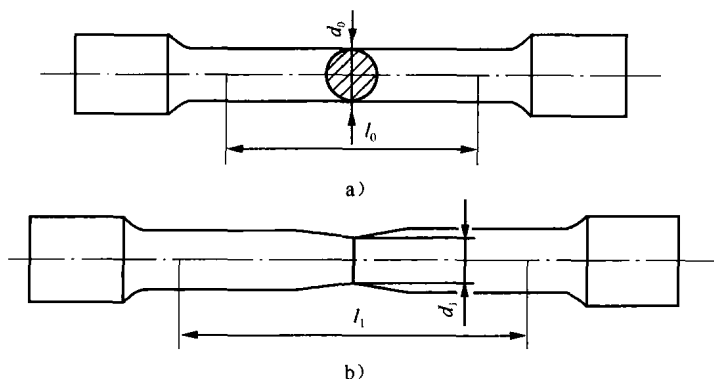


图 1-2 圆形拉伸试样

屈服阶段(es' 段),当载荷超过 F_e 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。

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,这时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能力,符号为 σ ,单位为 $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ 。

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

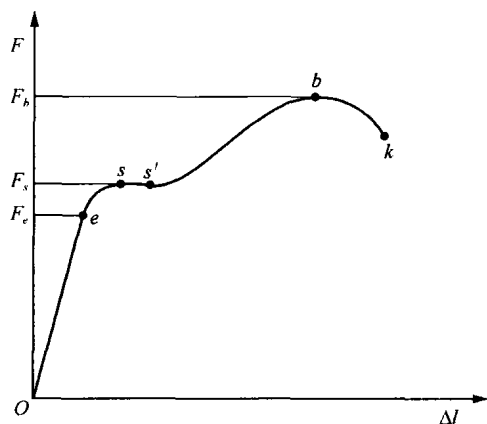


图 1-3 力—伸长曲线

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。

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

式中, Δl 为试样的伸长; l_0 为试样的原始标距长度。

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:

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

式中, F_e 为弹性极限载荷, 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。

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

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:

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

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:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0}$$

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 Pa (N/m^2), 即:

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

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。

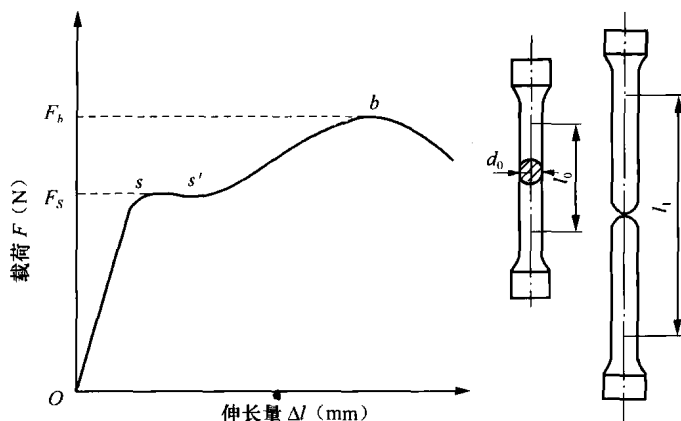


图 1-4 静拉伸试样伸长变形示意图

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:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

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:

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

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:

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

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。

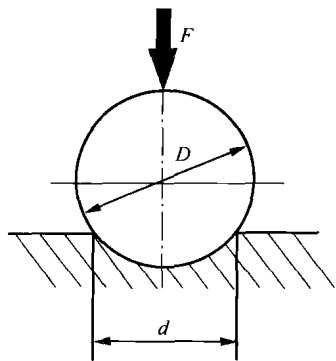


图 1-5 布氏硬度试验原理图

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)。

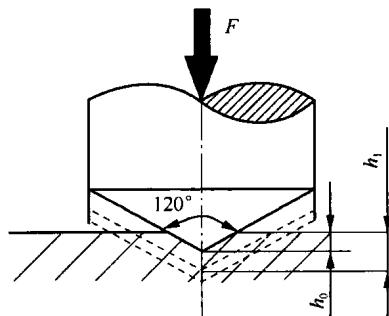


图 1-6 洛氏硬度测量原理图

($h_1 - h_0$) 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。

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。

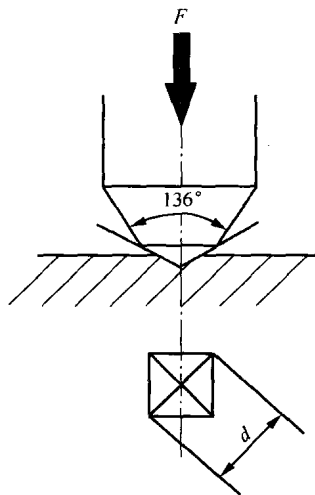


图 1-7 维氏硬度试验原理图

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、换挡、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 型缺口两种试样。图 1-8 所示为 U 型缺口标准试

样的形状和尺寸。

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。

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。

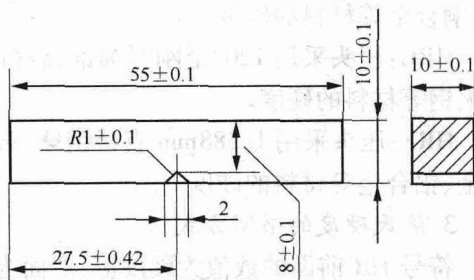


图 1-8 U 型缺口冲击试样

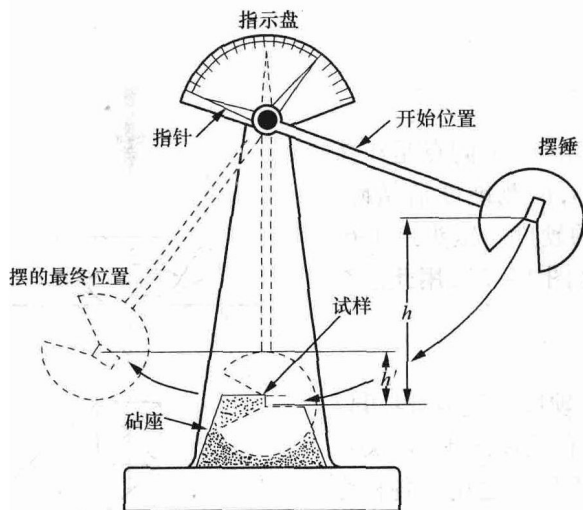


图 1-9 一次摆锤冲击试验

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,往往是经受小能量多次冲击,因冲击损伤的累积引起的断裂,故用 a_k 值反映冲击韧性具有一定局限性。研究表明,金属材料承受小能量多次重复冲击的能力是取决于材料强度和塑性的综合性能指标。

a_k 值越大,则材料的韧性就越好。 a_k 值低的材料叫做脆性材料, a_k 值高的材料叫韧性材料。很多零件,如齿轮、连杆等,工作时受到很大的冲击载荷,因此要用 a_k 值高的材料制造。铸铁的 a_k 值很低,灰口铸铁 a_k 值近于零,不能用来制造承受冲击载荷的零件。

第四节 疲劳强度

轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等零件,在工作过程中各点的应力随时间作周期性的变化,这种随时间作周期性变化的应力称为交变应力。在交变应力作用下,虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点,但经过较长时间的工作而产生裂纹或突然发生完全断裂的过程称为疲劳。

材料承受的交变应力(σ)与材料断裂前承受交变应力的循环次数(N)之间的关系可用疲劳曲线来表示,图 1-10 所示为疲劳曲线示意图。金属承受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越少。当应力低于一定值时,试样可以经受无限周期循环而不破坏,此应力值即为材料的疲劳强度(亦称疲劳极限),用 σ_{-1} 表示。

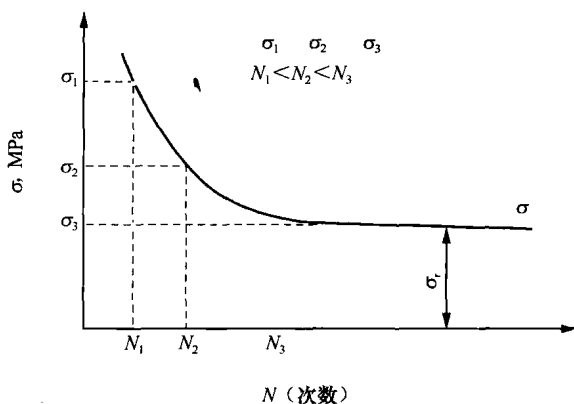


图 1-10 疲劳曲线示意图

对钢铁材料和有机玻璃等,当应力降到某一值后, $\sigma-N$ 曲线趋于水平直线,此直线对应的应力即为疲劳极限。工程上常规定碳钢的循环次数一般取 $N=10^7$ 次时对应的应力作为条件疲劳极限。

钢材的疲劳强度与抗拉强度之间的关系:

$$\sigma_{-1} = (0.45 \sim 0.55) \sigma_b$$

大多数有色金属及其合金和许多聚合物,其疲劳曲线上没有水平直线部分,工程上常规定 $N=10^8$ 次时对应的应力作为条件疲劳极限。

常用材料的力学性能指标如表 1-1 所示。

表 1-1 常用材料的力学性能

力学性能	性能指标			含 义
	符 号	名 称	单 位	
强度	σ_e	弹性极限	Pa	材料保持弹性变形的最大应力
	σ_s	屈服强度	Pa	外力不增加而试样仍继续变形时的应力
	$\sigma_{0.2}$	条件屈服强度	Pa	试样产生 0.2% 的原标距长度的塑性变形时的应力
	σ_b	抗拉强度	Pa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	δ	伸长率	%	试样标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比

续表

力学性能	性能指标			含 义
	符 号	名 称	单 位	
	ψ	断面收缩率	%	试样横截面积的缩减量与原始截面积的百分比
硬度	HBS、HBW	布氏硬度	Pa(一般不用)	压痕单位球冠面积上所承受的压力
	HRA、HRB、HRC	洛氏硬度	—	由压痕深度确定的硬度
韧性	a_k	冲击韧性	J/m ²	冲击试样缺口处单位截面积上的冲击功
疲劳强度	σ_{-1}	疲劳强度	Pa	材料在无数次交变载荷作用下而不发生断裂的最大应力

练习与思考题

- 1.1 常用机械工程材料按化学组成为几大类?
- 1.2 机械零件在工作条件下可能承受哪些负荷? 这些负荷对零件产生什么作用?
- 1.3 什么是应力、应变?
- 1.4 将钟表发条拉成一直线,这是弹性变形还是塑性变形? 如何判定变形性质?
- 1.5 颈缩现象发生在拉伸图上哪一点? 如果没发生颈缩,是否表明该试样没有塑性变形?
- 1.6 σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 和 σ_b 的含义是什么? 能在拉伸图上画出吗?
- 1.7 测定某种钢的机械性能时,已知试棒的直径是0.01m,其标距长度是直径的5倍, $F_s=38\text{kN}$, $F_b=77\text{kN}$,拉断后的标距长度是0.065m,试求此钢的 σ_s 、 σ_b 及 δ 值各是多少?
- 1.8 什么情况下产生疲劳断裂? 什么叫疲劳极限?
- 1.9 什么叫材料的冲击韧性? 怎样来量度材料的冲击韧性?
- 1.10 常用哪几种硬度试验? 如何选用? 硬度试验的优点何在?