



高职高专“十二五”规划教材

机械专业系列

机械制造基础

主 编 黄经元 徐加福



Mechanism



南京大学出版社



高职高专“十二五”规划教材

机械专业系列

机械制造基础

主 审	曹东华		
主 编	黄经元	徐加福	
副主编	娄 琳	李金展	薛 飞



南京大学出版社

内容简介

本书内容包括机械工程材料的性能测试、机械零件的选材、机械零件常用热处理方法、机械零件毛坯的生产和典型机械零件的加工等。每章前面有学习目标、知识点和技能点,每章后面有本章小结和思考与习题。

本书可作为高职高专机械类、机电类等相关专业的教材,也可作为相关技术人员、管理人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 黄经元,徐加福主编. —南京:南京
大学出版社,2011.1(2011.8重印)

高职高专“十二五”规划教材·机械专业系列

ISBN 978-7-305-08055-5

I. ①机… II. ①黄… ②徐… III. ①机械制
造—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 014682 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出版人 左 健

丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·机械专业系列

书 名 机械制造基础

主 编 黄经元 徐加福

责任编辑 王秉华 编辑热线 025-83686531

照 排 南京玄武湖印刷照排中心

印 刷 南京紫藤制版印务中心

开 本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 368 千

版 次 2011 年 2 月第 1 版 2011 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-305-08055-5

定 价 29.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

前言

本书是作者根据多年的教学改革经验和相关技术实践,在充分借鉴吸收国内外同类优秀教材成果的基础上,以适应高职高专发展的新形势和工学结合的新要求编写而成。“机械制造基础”是高职高专机械类专业的重要技术基础课,内容包括机械工程材料的性能测试、机械零件的选材、机械零件常用热处理方法、机械零件毛坯的生产和典型机械零件的加工等,是机械工程技术人员和管理人员必须掌握的一门综合性应用技术基础课。本书可供高职高专机械类或机电类各专业使用,也可作为相关工程技术人员的参考读物。

本书编写具备如下特点:

(1) 以培养生产一线需要的高素质技能型人才为目标,以机械工程材料的合理选用、材料热处理及机械零件加工能力的培养为主线,将理论知识学习和技能训练融为一体,形成强化应用具有高职特点的新的教材体系。

(2) 简化了过多的理论介绍,注重内容的实用性和针对性,力求做到重点突出,语言精练,通俗易懂。

(3) 本书吸纳了新材料、新工艺、新技术,反映最前沿科技,与时代同步。

(4) 设计新颖。每章之前有“学习目标”、“知识点”和“技能点”,每章之后有“本章小结”和“思考与习题”,便于学生自学和检查。

(5) 本书有关名词、术语、牌号、工艺均采用国家最新标准。

(6) 实践性较强。教师可根据教学内容,在专业实训室、实习车间、企业生产车间安排现场教学和学做一体教学。

(7) 涉及内容广。教师授课时可根据各专业具体情况适当增减。

本书由九江职业技术学院黄经元、江西制造职业技术学院徐加福担任主编。漯河职业技术学院娄琳、商丘工学院李金展、永城职业学院薛飞担任副主编。全书由九江精密测试技术研究所曹东华高工担任主审。

本书编写情况:黄经元编写第1章;徐加福编写第5、6章;娄琳编写第4章;李金展编写第2章;薛飞编写第3章。

本书在编写过程中,得到有关人士的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者
2011年8月

目 录

前言	1
第 1 章 金属材料的力学性能	1
1.1 强度和塑性	2
1.2 硬度	3
1.3 韧性	6
1.4 疲劳强度	7
第 2 章 金属材料的性能分析	10
2.1 金属及其合金的结构与结晶	10
2.2 铁碳合金相图	16
第 3 章 机械零件常用的热处理方法	26
3.1 钢在加热与冷却时的组织转变	27
3.2 钢的退火与正火	34
3.3 钢的淬火	36
3.4 钢的回火	39
3.5 钢的表面热处理与化学热处理	40
3.6 热处理工艺的应用	43
3.7 热处理新技术	48
第 4 章 常用的机械工程材料	55
4.1 工业用钢的分类与编号	55
4.2 碳素钢	59
4.3 低合金钢和合金钢	62
4.4 铸钢和铸铁	71
4.5 有色金属及其合金	81
4.6 粉末冶金材料	93
4.7 非金属材料简介	95
4.8 典型机械零件材料的选用	103

第 5 章 典型机械零件毛坯的生产	127
5.1 铸造	127
5.2 锻压	139
5.3 焊接	151
5.4 典型机械零件毛坯生产方法的选择	169
第 6 章 典型机械零件的加工	181
6.1 金属切削加工基础知识	181
6.2 轴类零件的加工	201
6.3 套类零件的加工	207
6.4 齿轮零件的加工	212
6.5 箱体零件的加工	218
参考文献	230

第 1 章 金属材料的力学性能

【学习目标】

掌握金属材料的强度指标、塑性指标和硬度表示方法及其测试,了解金属材料韧度和疲劳强度的概念及测试方法。

【知识点】

金属材料常用力学性能的定义、测定原理、使用范围等。

【技能点】

金属材料常用力学性能的测试。

为了正确、合理地使用各种金属材料,对其性能的了解是十分必要的。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能,如图 1.1。使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的性能,如力学性能、物理性能、化学性能等;工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能,如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能等。一般机械零件常以力学性能作为设计和选材的依据。金属材料的力学性能是指材料在外力作用下所表现出来的特性,常用的指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

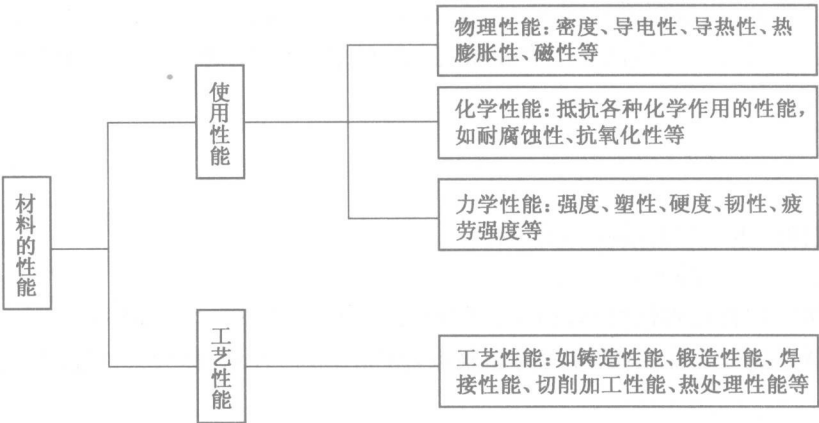


图 1.1 材料的性能

1.1 强度和塑性

材料在外力作用下,会产生尺寸和形状的变化。这种外力通常称为载荷,尺寸和形状的变化叫变形。载荷与变形的关系可通过拉伸试验的方法来确定。

拉伸试验是测定静态力学性能指标常用的方法。通常将材料制成标准试样,如图 1.2 所示为常用的圆形拉伸试样($l_0=10d_0$ 或 $l_0=5d_0$),装夹在拉伸试验机上,对试样缓慢加载,使之不断产生变形,直至试样断裂。根据拉伸试验过程中的载荷和对应的变形量的关系,可画出材料的拉伸曲线。图 1.3 所示是低碳钢的拉伸曲线,图中纵坐标表示载荷 F ,单位为 N;横坐标表示变形量 Δl ,单位为 mm。通过拉伸曲线可测定材料的强度和塑性。

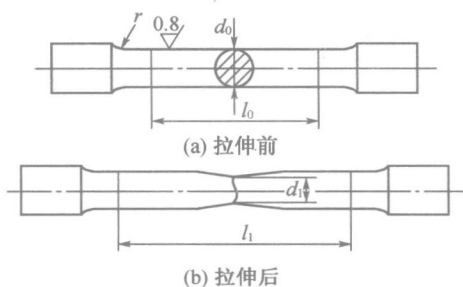


图 1.2 圆形拉伸试样简图

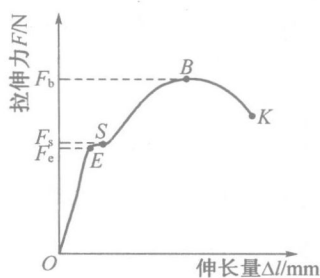


图 1.3 低碳钢的拉伸曲线

1.1.1 强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。抵抗塑性变形和断裂的能力越大,则强度越高。常用的强度指标是屈服点和抗拉强度。

材料在外力作用下发生变形的同时,在内部会产生一个抵抗变形的内力,其大小与外力相等而方向相反。单位截面积上的内力称为应力,单位为帕(Pa)。工程上常用兆帕(MPa), $1\text{ MPa}=10^6\text{ Pa}$ 或 $1\text{ MPa}=1\text{ N/mm}^2$,应力常用符号 σ 表示。

1. 屈服点

由图 1.3 可知,当载荷增加到 F_s 时,在不再增加载荷的情况下,试样仍然继续伸长,这种现象称为屈服。屈服点是指试样产生屈服现象时的最小应力,即开始出现塑性变形时的应力,通常用 σ_s 表示。

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

式中: F_s —试样产生屈服时的拉伸力,N;

S_0 —试样原始横截面积, mm^2 。

对于低塑性材料或脆性材料,由于屈服现象不明显,常以产生一定的微量塑性变形(一般以残余变形量达到 $0.2\% l_0$)的应力为屈服点,用符号 $\sigma_{r0.2}$ 表示,称为条件屈服点。

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

式中: $F_{r0.2}$ —塑性变形量为 $0.2\% l_0$ 时的拉伸力,N;

S_0 —试样原始横截面积, mm^2 。

2. 抗拉强度

当载荷超过 F_s 以后, 试样将继续产生变形, 载荷达到最大值后, 试样产生缩颈, 有效截面积急剧减小, 直至产生断裂。抗拉强度是试样断裂前能够承受的最大拉应力, 用 σ_b 表示。

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

式中: F_b —试样断裂前能承受的最大拉伸力, N;

S_0 —试样原始横截面积, mm^2 。

工程上所用的金属材料, 不仅希望具有较高的屈服强度 σ_s , 还希望具有一定的屈强比 (σ_s/σ_b)。屈强比越小, 零件可靠性越高, 使用中超载不会立即断裂。但屈强比太小, 则材料强度的有效利用率降低。一般在性能允许的情况下, 屈强比在 0.75 左右较为合适。

1.1.2 塑性

金属材料在外力作用下发生塑性变形而不破坏的能力称为塑性。常用的指标有断后伸长率和断面收缩率。

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉伸断裂后的标距伸长量与原始标距的百分比, 用符号 δ 表示。

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

式中: l_0 —试样原始标距长度, mm;

l_k —试样断裂后的标距长度, mm。

断后伸长率大小与试样尺寸有关。长试样的断后伸长率用 δ_{10} 或 δ 表示, 短试样的断后伸长率用 δ_5 表示, 同一材料的 $\delta_{10} < \delta_5$, 但二者不能直接比较。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处(断口处)横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示。

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

式中: S_0 —试样原始横截面积, mm^2 ;

S_k —试样拉断后缩颈处最小横截面积, mm^2 。

一般 δ 和 ψ 的数值越大, 材料的塑性越好。塑性直接影响到零件的成形加工及使用, 如钢的塑性较好, 能通过锻造成形; 而普通铸铁的塑性差, 不能进行锻造, 只能进行铸造。另外, 塑性好的零件在工作时若超载, 因其塑性变形可避免突然断裂, 从而提高了工作安全性。

1.2 硬 度

硬度是指金属材料抵抗局部变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属材料软硬程度的指标。通常材料的硬度越高, 其耐磨性越好, 强度也越高。

材料的硬度可通过硬度试验的方法测得。测定硬度的方法比较多,常用的硬度试验方法有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

1.2.1 布氏硬度

布氏硬度试验原理见图 1.4。用直径为 D 的硬质合金球作压头,以相应的试验力 F 将压头压入试样表面,并保持一定的时间,然后卸除试验力,在试样表面得到一直径为 d 的压痕。用试验力除以压痕表面积,所得值即为布氏硬度值,用符号 HBW 表示。

$$\text{HBW} = \frac{F}{A_{\text{压}}} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: D —压头直径,mm;

$A_{\text{压}}$ —压痕球形表面积,mm²;

F —试验力,N;

d —压痕平均直径,mm。

试验时只要测量出压痕的平均直径 d ,即可通过查表得出所测材料的布氏硬度值。 d 值越大,硬度值越小; d 值越小,硬度值越大。

布氏硬度表示方法:硬度值一般不标单位,在符号 HBW 前写出硬度值,符号后面用数字依次表示压头直径、试验力及试验力保持时间(10~15 s 不标)等试验条件。例如,120HBW 10/1 000/30 表示用直径为 10 mm 的硬质合金球做压头在 1 000 kgf 试验力作用下保持 30 s 所测得的布氏硬度值为 120 HBW。一般在零件图或工艺文件上标注材料要求的布氏硬度时,不规定试验条件,只需标出要求的硬度值范围和硬度符号,如 210~230 HBW。

在测定软硬不同材料或厚薄不一工件的布氏硬度值时,可参考有关手册选用不同大小的试验力 F 和压头直径 D 。一般,选用不同的 F/D^2 比值所测得的布氏硬度值不能直接比较。

布氏硬度试验的优点是测定的数据准确、稳定、数据重复性强,常用于测定硬度值小于 650 HBW 的退火、正火、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。其缺点是操作不太简便,且压痕较大,易损坏成品的表面,故不宜测定薄件和成品件的硬度。

1.2.2 洛氏硬度

洛氏硬度试验原理见图 1.5。采用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588 mm 的淬火钢球作压头,在初始试验力 F_0 及总试验力 F (初始试验力 F_0 与主试验力 F_1 之和)分别作用下压入金属表面,经规定保持时间后,卸除主试验力 F_1 ,测定此时残余压痕深度。用压痕深度的大小来表示材料的洛氏硬度值,并规定每压入 0.002 mm 为一个洛氏硬度单位。图中 0-0 是金刚石压头没有与试样接触时的位置,1-1 是压头在初始载荷作用下压入试样 b 位置,2-2 是压头在全部规定试验力(初试验力+主试验力)作用下压入 c 位置,3-3 是卸除主试验力保留初试验力后压头的位置 d ,所以压痕的深度 $h = bd$ 。洛氏硬度用符号 HR 表示,其计算公式如下。

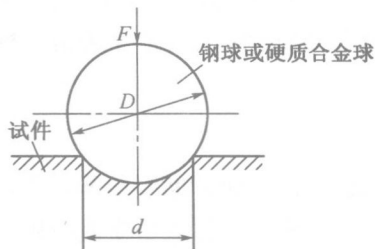


图 1.4 布氏硬度试验原理示意图

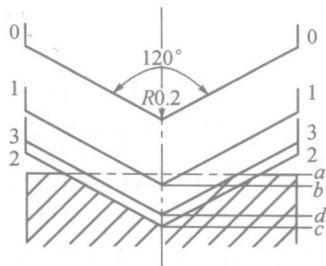


图 1.5 洛氏硬度试验原理示意图

$$HR = C - \frac{h}{0.02}$$

式中: h —压痕深度;

C —常数,当压头为淬火钢球时 $C=130$,压头为金刚石圆锥时 $C=100$ 。

材料越硬, h 越小,所测得的洛氏硬度值越大。

淬火钢球压头多用于测定退火件、有色金属等较软材料的硬度,压入深度较深;金刚石压头多用于测定淬火钢等较硬材料的硬度,压入深度较浅。

实际测定洛氏硬度时,被测材料的硬度可直接在硬度计的指针所指示的刻度值读出。

为了能用一种硬度计测定不同软硬金属材料的硬度,可采用不同的压头与总试验力,组合成几种不同的洛氏硬度标尺。我国常用的是 HRA、HRB、HRC 三种,其中 HRC 应用最广,其试验规范见表 1.1。洛氏硬度无单位,须标明硬度标尺符号,在符号前面写出硬度值,如 60 HRC、82 HRA。

洛氏硬度试验的优点是操作迅速、简便,硬度值可从表盘上直接读出;压痕较小,可在工件表面试验;可测量较薄工件的硬度,因而广泛用于热处理质量的检验。其缺点是因压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料,所测结果不够准确。通常需要在材料的不同部位测试数次,取其平均值来代表材料的硬度。此外,用不同标尺测得的硬度值彼此之间没有联系,也不能直接进行比较。

表 1.1 洛氏硬度试验规范

硬度符号	压头类型	总载荷/N	测量范围 HR	应用举例
HRA	120°金钢石圆锥	588.4	70~88	碳化物、硬质合金、淬火工具钢、浅层表面硬化钢等
HRB	φ1.588 mm 钢球	980.7	20~100	软钢、铜合金、铝合金、可锻铸铁
HRC	120°金钢石圆锥	1 471.1	20~70	淬火钢、调质钢、深层表面硬化钢

注: HRA、HRC 所用刻度为 100, HRB 为 130。

1.2.3 维氏硬度

维氏硬度的测定原理基本上和布氏硬度相似,也是以单位压痕面积的力作为硬度值计量。所不同的是所加试验力较小,压头是锥面夹角为 136°的金刚石正四棱锥体,见图 1.6 所示。试验时在试验力 F 作用下,在试样表面上压出一个正方形锥面压痕,测量压痕对角线的平均长度 d ,计算压痕的面积 S ,以 F/S 的数值来表示其硬度值,用符号 HV 表示。

$$HV = 0.102 \frac{F}{S} = 0.189 \frac{F}{d^2}$$

式中: F —试验力, N;

d —压痕对角线算术平均值, mm。

HV 可根据所测得的 d 值从维氏硬度表中直接查出。

维氏硬度表示方法:在符号 HV 前方标出硬度值,在 HV 后面按试验力大小和试验力保持时间(10~15 s 不标出)的顺序用数字表示试验条件。例如:640 HV 30/20 表示用 30 kgf 试验力保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640 HV。

维氏硬度试验法所用试验力小,压痕深度浅,轮廓清晰,数值准确可靠,广泛用于测量金属镀层、薄片材料和化学热处理后的表面硬度。且其试验力可在较大范围内选择(49.03~980.7 N),故可测量从很软到很硬的材料。维氏硬度试验法的缺点是:不如洛氏硬度试验简便迅速,不适于成批生产的常规试验。

硬度试验所用设备简单,操作简便、迅速,可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被测件,并且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此,硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能,应用广泛。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

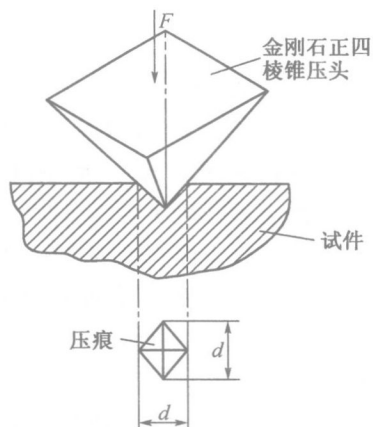


图 1.6 维氏硬度试验原理示意图

1.3 韧性

生产中许多零件是在冲击载荷作用下工作的,如内燃机的活塞连杆、锻锤锤头、冲床冲头、锻模、凿岩机零件等。由于外力的瞬时冲击作用所引起的变形和应力比静载荷大得多,因此在设计承受冲击载荷的零件和工具时,不仅要满足强度、塑性、硬度等性能要求,还必须有足够的韧性。

1.3.1 冲击吸收功

韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力,它表示金属材料抵抗冲击的能力。韧性的指标是通过冲击试验确定的。目前常用的方法是摆锤式一次冲击试验,其试验原理如图 1.7 所示。

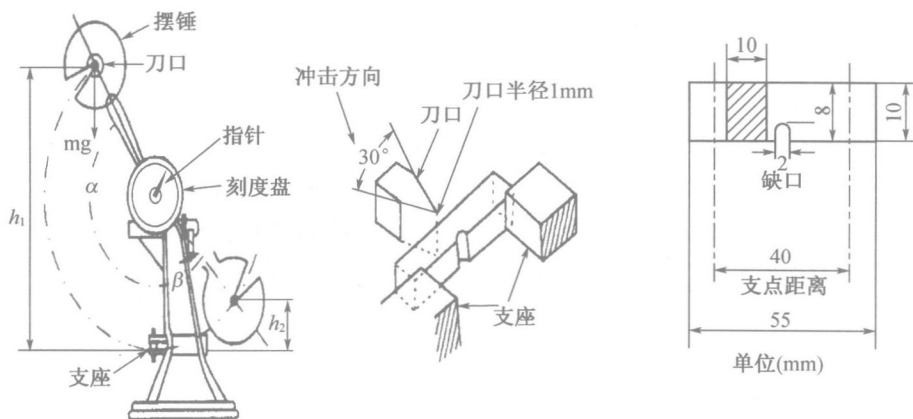


图 1.7 摆锤冲击试验机、试样及试样安装法

试验是在摆锤式一次冲击试验机上进行的。试验时,把按规定制作好的标准冲击试样水平放在试验机支座上,缺口(脆性材料不开缺口)位于冲击相背方向,并使样板的缺口位于支座中间。然后将具有一定重量(质量为 m)的摆锤举至一定高度 h_1 ,然后自由落下,将试样冲断。由于惯性,摆锤冲断试样后继续上升到某一高度 h_2 。根据功能原理可知:摆锤冲断试样所消耗的功 $A_K = mgh_1 - mgh_2$ 。 A_K 称为冲击吸收功,单位焦耳(J),可从冲击试验机上直接读出。用 A_K 除以试样缺口处的横截面积 S 所得的商即为该材料的冲击韧度,用符号 α_K 表示。

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S} \text{ J/m}^2$$

国家标准规定采用 A_K 作为韧性指标。 A_K 越大,材料的韧性越好。

冲击吸收功 A_K 与温度有关,见图 1.8。 A_K 随温度的降低而减小,在某一温度区域, A_K 急剧变化,此温度区域称为韧脆转变温度。韧脆转变温度越低,材料的低温抗冲击性能越好。冲击吸收功 A_K 还与试样形状、尺寸、表面粗糙度、内部组织和缺陷等有关。因此,冲击吸收功一般作为选材的参考,而不能直接用于强度计算。

1.3.2 多冲抗力

在实际使用中,零件很少受一次大能量冲击而破坏,一般是受多次($>10^3$)冲击之后才会断裂。金属材料抵抗小能量多次冲击的能力叫做多冲抗力。多冲抗力可用在一定冲击能量下的冲断周次 N 表示。研究表明,材料的多冲抗力取决于材料强度与韧性的综合力学性能,冲击能量高时,主要取决于材料的韧性;冲击能量低时,主要取决于材料的强度。

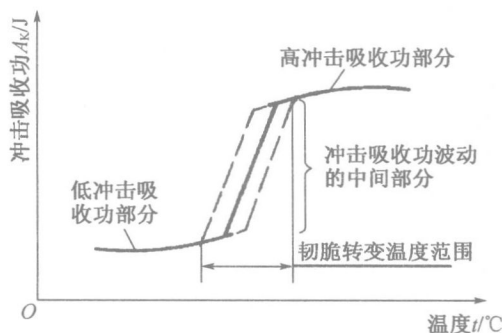


图 1.8 温度对冲击吸收功的影响

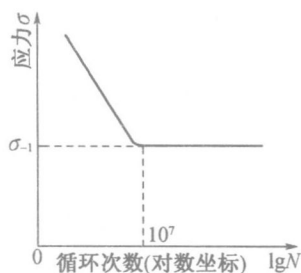


图 1.9 疲劳曲线示意图

1.4 疲劳强度

许多机械零件如轴、连杆、齿轮、弹簧等,是在交变应力(指应力大小和方向随时间作用周期性变化)作用下工作的,零件工作时所承受的应力通常都低于材料的屈服强度。零件在这种交变载荷作用下经过长时间工作也会发生破坏,通常把这种破坏现象叫做金属的疲劳。由于疲劳断裂前无明显的塑性变形,断裂是突然发生的,危险性很大,常造成严重事故。据统计,大部分零件的损坏是由疲劳造成的。

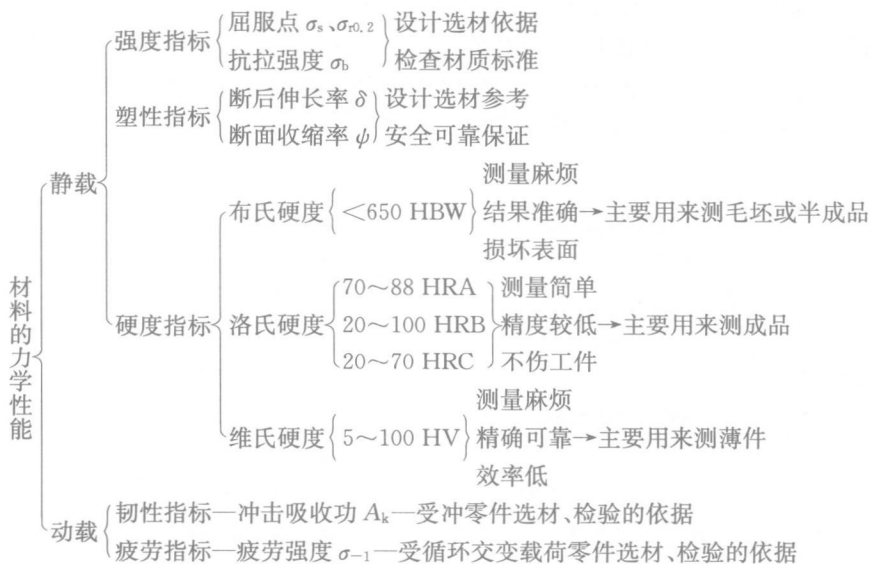
疲劳强度是指金属材料经无数次的应力循环仍不断裂的最大应力,用于表征材料抵抗疲劳断裂的能力。

测试材料的疲劳强度,最简单的方法是旋转弯曲疲劳试验。试验测得的材料所受循环应力 σ 与其断裂前的应力循环次数 N 的关系曲线称为疲劳曲线,如图 1.9 所示。从该曲线可以看出,循环应力越小,则材料断裂前所承受的循环次数越多。当循环应力减少到某一数值时,曲线接近水平,即表示在该应力作用下,材料经无数次的应力循环而不发生疲劳断裂。工程上规定,材料在循环应力作用下达到某一基数而不断裂时,其最大应力就作为该材料的疲劳强度,通常用 σ_{-1} 表示。对钢材来说,当循环次数 N 达到 10^7 周次时,曲线便出现水平线,所以把经受 10^7 周次或更多周次而不破坏的最大应力定为疲劳强度。对于有色金属,一般则需规定应力循环在 10^8 或更多周次,才能确定其疲劳强度。

金属材料的疲劳强度与抗拉强度之间具有一定的近似关系:碳素钢的疲劳强度 $\sigma_{-1} \approx (0.4 \sim 0.55)\sigma_b$; 灰口铸铁的疲劳强度 $\sigma_{-1} \approx 0.4\sigma_b$; 有色金属的疲劳强度 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4)\sigma_b$ 。

影响疲劳强度的因素很多,其中主要有受力状态、温度、材料的化学成分及显微组织、表面质量和残余应力等。如果对零件表面进行强化处理,如喷丸、表面淬火等,或进行精密加工减少零件的表面粗糙度等,都能提高零件的疲劳强度。

【本章小结】



【思考题与习题】

1. 什么是金属的力学性能? 金属的力学性能主要包括哪些?
2. 什么是金属材料的强度、塑性和硬度? 它们常用的指标是什么?
3. 有一低碳钢圆形试样的直径 $d_0 = 10 \text{ mm}$, 长度 $l_0 = 50 \text{ mm}$, 进行拉伸试验时测出材料在 $F_s = 26\,000 \text{ N}$ 时屈服, $F_b = 45\,000 \text{ N}$ 时断裂。拉断后试样长 $l_k = 58 \text{ mm}$, 断口直径 $d_k = 7.75 \text{ mm}$ 。试求低碳钢的 $\sigma_s, \sigma_b, \delta, \psi$ 。
4. 下列硬度要求和写法是否正确?
HBW150 HRC40N HRC70 HRB10 478HV HRA79 474HBW
5. 下列几种情况采用什么方法来测定硬度? 写出硬度值符号。

(1) 材料库钢材的硬度;(2) 铸铁机座毛坯;(3) 硬质合金刀片;(4) 耐磨工件的表面硬化层;(5) 刨刀。

6. 用 45 钢制成的一种轴,图纸要求热处理后达到 220~250 HBW,热处理车间将此处理后测得硬度为 22HRC,是否符合图纸要求?

7. 金属疲劳断裂是怎样产生的? 如何提高零件的疲劳强度?

第2章 金属材料性能分析

【学习目标】

了解金属材料的内部组织结构特点,掌握铁碳合金相图及其应用,掌握铁碳合金成分、组织、性能、用途之间的关系及变化规律。

【知识点】

金属及其合金的结构与结晶、铁碳合金相图等。

【技能点】

正确分析金属材料的成分、组织、性能之间的关系。

铁碳合金是以铁和碳为基本组元组成的合金,是钢和铸铁的统称,是工业上应用最广泛的金属材料。铁碳合金相图是研究铁碳合金的基础,对于了解钢铁材料的性能和使用、制定钢铁材料的热加工工艺有重要的指导意义。金属材料的性能主要是由它的内部组织结构决定的,因此了解金属的内部组织结构,对于掌握金属材料的性能是非常重要的。

2.1 金属及其合金的结构与结晶

金属材料所具有的各种不同性能,除与金属材料的化学成分有关,还与金属材料的内部结构有关。

2.1.1 纯金属的结构

1. 晶体与非晶体

固态物质按其原子(或分子)的聚集状态不同分为晶体与非晶体。晶体内部的原子是按一定的几何形状作有规律的排列(如图 2.1 所示),如金刚石、金属与合金、石墨等,有固定的熔点和各向异性的特征。而非晶体内部的原子是无规则杂乱地堆积的,如松香、玻璃、沥青等,没有固定的熔点,且各向同性。

2. 常见的金属晶格类型

为便于分析晶体中原子排列的规律,常将每个原子看成一个点,并用假想的线条(直线)将各原子中心连接起来,形成一个空间格子。这样的空间格子称为晶格(如图 2.2(a)所示)。晶格中直线的交点称为结点。晶格中能代表原子排列规律的基本几何单元称为晶胞(如图

2.2(b)所示)。



图 2.1 晶体原子排列示意图

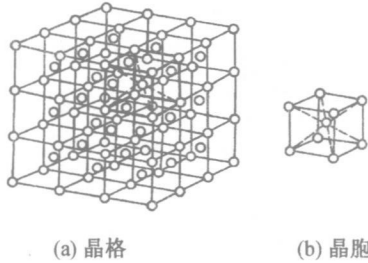


图 2.2 晶格和晶胞示意图

金属的晶格类型很多,常见的有三种:体心立方晶格、面心立方晶格、密排六方晶格,见表 2.1。金属晶格类型不同,其原子排列的致密度(晶胞中原子所占体积与晶胞体积的比值)也不同。面心立方和密排六方晶格的致密度均为 74%,体心立方晶格的致密度为 68%。晶格类型发生变化,将引起金属体积和性能的变化。

表 2.1 常见的金属晶格类型

名 称	示意图	原子排列	常见金属
体心立方晶格		晶胞为一个立方体,立方体的八个顶角上各有一个原子,立方体中心有一个原子	铬、钨、钼、铌、钒及 α -铁等
面心立方晶格		晶胞为一个立方体,立方体的八个顶角上各有一个原子,立方体的六个面的中心各有一个原子	铝、铜、镍、铅和 γ -铁等
密排六方晶格		晶胞是一个正六棱柱体,在柱体的十二个顶角上各有一个原子,上下底面的中心各有一个原子	镁、锌、铍、镉和 α -钛等

3. 金属的实际晶体结构

(1) 多晶体结构

晶体内部的晶格位向(即原子排列方向)完全一致的晶体称为单晶体。单晶体具有各向异性的特征。实际使用的金属材料是由许多小晶体组成,见图 2.3。由许多小晶体组成的晶体称为多晶体,见图 2.4。这些小晶体称为晶粒,在每个晶粒的内部晶格位向是一致的,但各个晶粒之间位向不同,相差 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。在多晶体材料中,虽然每个晶粒具有各向异性,但不同方向的金属性能是很多位向不同晶粒的平均性能,故多晶体材