

高职高专国家示范性院校“十三五”规划教材

机械制造技术



主 编 朱亮亮
副主编 刘红芳 林素敏



西安电子科技大学出版社
<http://www.xdph.com>

高职高专国家示范性院校“十三五”规划教材

机械制造技术

主 编 朱亮亮
副主编 刘红芳 林素敏
参 编 王碧艳 史 诺 付建军 谢超明
主 审 李敏科

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 13 章,以机械制造方法和机床装备为主线,介绍金属材料的基础知识、热处理方法及选用原则,铸造、锻压和焊接等热加工成形方法,尺寸公差、几何公差、表面粗糙度的标注及检测,金属切削原理及刀具基础,车削加工方法、铣削加工方法、磨削加工方法、钻削加工方法、齿轮加工方法、镗削加工方法、拉削加工方法、刨削加工方法和典型特种加工方法等,并融入工件的装夹、夹具、尺寸链计算、机械加工工艺规程制订、机械装配工艺规程制订等内容。

本书强调学以致用,理论联系实际,注重学生机械制造技术应用能力与工程素养两个方面的培养,旨在提高学生解决生产一线实际问题的能力。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校机械制造与自动化专业、机电一体化专业、模具设计与制造专业、数控加工技术专业和其他相近专业的教材,也可用于职工培训或供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/朱亮亮主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.1

高职高专国家示范性院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4309-0

I. ①机… II. ①朱… III. ①机械制造工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 262606 号

策 划 李惠萍 毛红兵

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 22.5

字 数 535 千字

印 数 1~3000 册

定 价 38.00 元

ISBN 978-7-5606-4309-0/TH

XDUP 4601001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前 言



“机械制造技术”是机械类专业必修的一门重要的专业平台课程。通过该课程的学习,使学生掌握金属材料的基本知识、热处理方法及选用原则;掌握金属材料的热加工成形工艺;掌握零部件的公差配合与测量;熟知金属切削原理与刀具基础,能熟练进行车削、磨削、铣削、钻削、镗削、拉削、刨削等机械加工方法的操作;能够编制机械加工工艺流程和装配工艺流程。另外,通过该课程的学习,还应使学生能够熟练应用这些知识从事机械制造生产,并能够解决机械生产中的实际问题,为毕业后从事机械类工作奠定扎实的基础。

本书共四篇十三章。第一篇为机械工程材料,包括金属材料基础知识、钢的热处理、常用金属材料及选用;第二篇为金属材料热加工工艺基础,包括铸造成形、锻压成形、焊接成形;第三篇为公差配合与技术测量,包括尺寸公差及检测、几何公差及检测、表面粗糙度及其测量;第四篇为金属切削加工基础,包括金属切削原理与刀具基础、常见金属切削加工机床与加工方法、其他金属切削加工机床与加工方法、机械加工工艺与机械装配工艺基础。

本书具有如下特点:

(1) 以培养高级应用型人才为目标,在系统介绍机械制造工艺过程和加工工艺方法的基础上,更加注重基本知识的应用,以理解、够用为尺度,删减复杂的理论推导和设计计算。

(2) 各章内容相对独立,各学校可根据自己的学时数和专业的需要进行取舍。内容设计注重工程应用能力的培养,强化与实践的结合,突出应用。

(3) 每章末有本章小结和习题,有利于学生对本章重点内容的复习和掌握,从而拓展学生的思维空间,锻炼与提升学生解决实际问题的能力。

本书由杨凌职业技术学院朱亮亮担任主编,并负责全书的统稿工作,由湖北职业技术学院刘红芳和杨凌职业技术学院林素敏担任副主编,由杨凌职业技术学院王碧艳、史诺、付建军和湖北职业技术学院谢超明担任参编。本书具体编写任务为:朱亮亮编写第1章、第2章、第3章、第10章、第12章,刘红芳编写第5章、第6章,林素敏编

写第7章、第8章，王碧艳编写第4章，史诺编写第13章，付建军编写第11章，谢超明编写第9章。

本书由杨凌职业技术学院李敏科副教授担任主审，并得到陈高锋副教授及有关领导的大力帮助和支持，在此一并表示感谢。

限于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正，以求不断完善本书内容，在此表示衷心感谢！

编 者

2016年12月

目 录

第一篇 机械工程材料

第 1 章 金属材料基础知识	2
1.1 金属材料的性能	2
1.2 金属材料的结构	10
1.3 金属材料的结晶	16
1.4 铁碳合金相图	19
本章小结	25
习题	27
第 2 章 钢的热处理	28
2.1 钢的普通热处理	28
2.2 钢的表面热处理	34
2.3 钢的热处理新技术	37
2.4 钢的热处理工艺应用	38
本章小结	42
习题	43
第 3 章 常用金属材料及选用	44
3.1 钢的分类和牌号	44
3.2 碳钢	48
3.3 合金钢	49
3.4 特殊性能钢	52
3.5 铸钢和铸铁	53
本章小结	57
习题	59

第二篇 金属材料热加工工艺基础

第 4 章 铸造成形	62
4.1 铸造概述	62
4.2 砂型铸造	63

4.3 特种铸造	73
本章小结	78
习题	79
第5章 锻压成形	80
5.1 锻压概述	80
5.2 锻压成形的工艺基础	82
5.3 锻压工艺过程	85
5.4 锻压成形工艺方法	87
本章小结	102
习题	102
第6章 焊接成形	104
6.1 焊接工艺基础	104
6.2 常用焊接方法	107
6.3 焊接变形及防止措施	119
6.4 焊接结构的工艺性	122
6.5 焊接质量检验	126
本章小结	128
习题	129

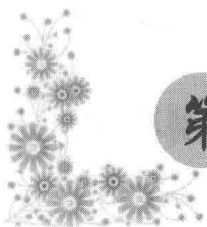
第三篇 公差配合与技术测量

第7章 尺寸公差及检测	132
7.1 尺寸公差与配合的基本术语	132
7.2 尺寸公差与配合的国家标准	139
7.3 常用轴、孔类零件的检测	148
本章小结	153
习题	153
第8章 几何公差及检测	155
8.1 几何公差概述	155
8.2 几何公差的标注方法	158
8.3 几何公差带	161
8.4 几何误差的检测	163
本章小结	171
习题	172
第9章 表面粗糙度及其测量	174
9.1 表面粗糙度评定参数	175
9.2 表面粗糙度的标注	180
9.3 表面粗糙度的测量	186
9.4 表面粗糙度的选择	188

本章小结	191
习题	192

第四篇 金属切削加工基础

第 10 章 金属切削原理与刀具基础	194
10.1 切削运动与切削要素	195
10.2 刀具基础知识	198
10.3 切削过程的基本规律及应用	215
本章小结	229
习题	230
第 11 章 常见金属切削加工机床与加工方法	232
11.1 车床及车削加工	232
11.2 铣床及铣削加工	256
11.3 磨削加工	270
11.4 钻削加工	282
本章小结	290
习题	292
第 12 章 其他金属切削加工机床与加工方法	294
12.1 齿轮加工	295
12.2 镗削加工	309
12.3 拉削加工	312
12.4 刨削加工	316
12.5 特种加工简介	319
本章小结	327
习题	328
第 13 章 机械加工工艺与机械装配工艺基础	329
13.1 机械制造工艺过程的基本概念	329
13.2 定位基准的选择	332
13.3 零件加工工艺的制订	334
13.4 工序尺寸的确定	336
13.5 装配工艺的基本概念	341
13.6 装配尺寸链	343
13.7 机械产品装配方法	345
13.8 装配工艺规程的制订	347
本章小结	349
习题	350
参考文献	352



第一篇

机械工程材料

第 1 章 金属材料基础知识

（一）教学目标

• 知识目标：

- （1）掌握金属材料五种力学性能指标及物理性能、化学性能、工艺性能的概念与内容；
- （2）掌握金属材料的结合方式及结构特点；
- （3）了解结晶的概念并掌握晶核形成过程；
- （4）掌握 Fe-Fe₃C 合金相图的特点及应用。

• 能力目标：

- （1）根据工况的不同，具备合理选择金属材料，保证其力学性能、物理性能、化学性能、工艺性能满足要求的能力；
- （2）根据晶体点缺陷、线缺陷和面缺陷的几何特点，具备区分晶体缺陷的能力；
- （3）根据铁碳合金相图，进行金属材料的选用，具备为铸造、锻造、焊接、热处理等热加工工艺提供重要依据的能力。

（二）教学内容

- （1）金属材料的力学性能指标、物理性能、化学性能、工艺性能；
- （2）金属材料的结合方式，金属材料的结构特点，纯金属的晶体结构，合金的晶体结构；
- （3）结晶的基本概念，晶核的形成及长大过程，晶粒大小，铸锭的组织；
- （4）铁碳合金的基本组元与基本相，Fe-Fe₃C 合金相图分析，含碳量与铁碳合金组织及性能的关系，铁碳合金相图的应用。

（三）教学要点

- （1）材料的力学性能指标；
- （2）金属材料的结构特点和三种典型的晶体结构形式；
- （3）晶核的形成及长大过程；
- （4）铁碳合金的基本组元与基本相，Fe-Fe₃C 合金相图分析及应用。

1.1 金属材料的性能

材料是人类生产和生活的物质基础。材料的种类很多，其中用于机械制造的各种材料为机械工程材料。机械工程材料是用以制造各种机械零件的材料的统称，通常分为金属材料和非金属材料两大类。

金属材料包括黑色金属(铁金属)材料和有色金属(非铁金属)材料。有色金属用量虽只

占金属材料的5%，但由于它具有良好的导热性、导电性，以及优异的化学稳定性和高的比强度等，因而在机械工程中占有重要的地位。非金属材料又可分为无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料。其中，属于无机非金属材料的有耐火材料、陶瓷、磨料、碳和石墨材料、石棉等；属于有机高分子材料的有合成橡胶、合成树脂、合成纤维等；此外，还有由两种或多种不同材料组合而成的复合材料，这种材料由于复合效应具有比单一材料优越的综合性能，现已成为一类新型的工程材料。

在机械制造中，为生产出高质量、低成本的机械或零件，就要合理选择材料和工艺，这就要求了解各种常见工程材料的性能。

1.1.1 材料的力学性能

材料常用的力学性能指标有强度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳极限等。

1. 材料的强度

强度是材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。工程上常用的静拉伸强度判据有比例极限 σ_p （弹性极限 σ_e ）、屈服点极限 σ_s 和强度极限 σ_b 等。

材料在外力作用下其强度和变形方面所表现出的力学性能，是强度计算和材料选用的重要依据。在不同的温度和加载速度下，材料的力学性能将发生变化。

材料的拉伸和压缩试验是测定材料力学性能的基本试验，试验中的试件按国家标准(GB/T 228.1—2010)设计，如图1-1所示。

试验前，先在试件中间的等截面直杆部分取长为 l 的一段作为工作段，长度 l 称为标距。根据国家标准，拉伸试件分长、短两种，对于圆截面试件，规定标距 l 与截面直径 d 的比例关系分别为 $l=10d$ 和 $l=5d$ ；对于矩形截面试件，规定其标距 l 与横截面面积 A 的关系分别为 $l=11.3\sqrt{A}$ ， $l=5.65\sqrt{A}$ 。将试样装夹在拉伸试验机上，缓慢增加试验力，试样标距的长度将逐渐增加，直至拉断。

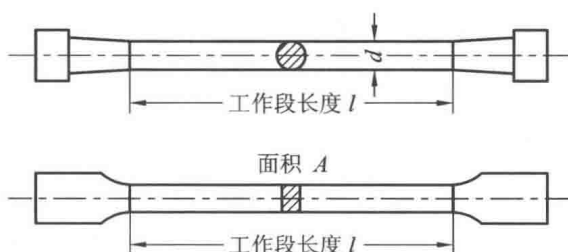


图 1-1 拉伸试件

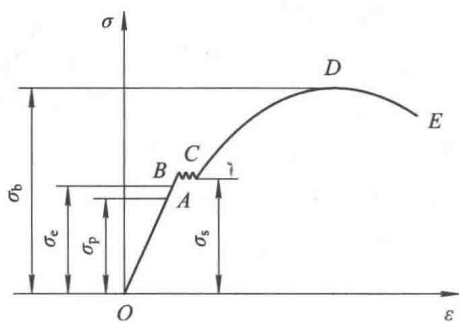


图 1-2 低碳钢拉伸应力-应变图

低碳钢是工程上应用最广泛的材料，同时，低碳钢试件在拉伸试验中所表现出来的力学性能最为典型。将试件装上试验机后，缓慢加载，直至拉断，试验机的绘图系统可自动绘出试件在试验过程中工作段的变形和拉力之间的关系曲线图。以 ϵ 和 σ 分别为横坐标与纵坐标，这样得到的曲线称为应力-应变图或 σ - ϵ 曲线。图1-2为Q235钢的 σ - ϵ 曲线，从图中可见，整个拉伸过程可分为以下四个阶段：

第1阶段 弹性阶段。

在试件拉伸的初始阶段， σ 与 ϵ 的关系表现为直线OA， σ 与 ϵ 成正比，直线的斜率为

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

所以有

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1-2)$$

这就是著名的胡克定律, 式中 E 为弹性模量, 为材料的刚度性能指标。

直线 OA 的最高点 A 所对应的应力, 称为比例极限, 用 σ_p 表示, 即只有应力低于比例极限, 胡克定律才能适用。Q235 钢的比例极限 $\sigma_p \approx 200 \text{ MPa}$ 。弹性阶段的最高点 B 所对应的应力是材料保持弹性变形的极限点, 称为弹性极限, 用 σ_e 表示。此时在 AB 段已不再保持直线, 但如果在 B 点卸载, 则试件的变形还会完全消失。由于 A 、 B 两点非常接近, 所以工程上对弹性极限和比例极限并不严格区分。

第 2 阶段 屈服阶段。

当应力超过弹性极限时, $\sigma - \varepsilon$ 曲线上将出现一个近似水平的锯齿形线段(见图 1-2 中的 BC 段), 这表明应力在此阶段基本保持不变, 而应变却明显增加。此阶段称为屈服阶段或流动阶段。若试件表面光滑, 则可看到其表面有与轴线大约呈 45° 的条纹, 称为滑移线, 如图 1-3(a)所示。在屈服阶段中, 对应于曲线最高点与最低点的应力分别称为上屈服点应力和下屈服点应力。通常, 下屈服点应力值较稳定, 故一般将下屈服点应力作为材料的屈服点极限, 用 σ_s 表示。Q235 钢的屈服点极限 $\sigma_s \approx 240 \text{ MPa}$ 。

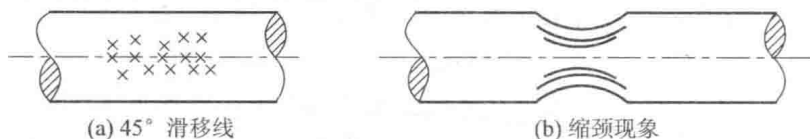


图 1-3 屈服阶段缩颈阶段

当材料屈服时, 将产生显著的塑性变形。通常, 在工程中是不允许构件在塑性变形的情况下工作的, 所以 σ_s 是衡量材料强度的重要指标。

第 3 阶段 强化阶段。

经过屈服阶段后, 图 1-2 中 CD 段曲线又逐渐上升, 表示材料恢复了抵抗变形的能力, 且变形迅速加大, 这一阶段称为强化阶段。强化阶段中的最高点 D 对应的是材料所能承受的最大应力, 称为强度极限, 用 σ_b 表示。强化阶段中, 试件的横向尺寸明显缩小。Q235 钢的强度极限 $\sigma_b \approx 400 \text{ MPa}$ 。

第 4 阶段 缩颈阶段。

在强化阶段, 试件的变形基本是均匀的。过 D 点后, 变形集中在试件的某一局部范围内, 横向尺寸急剧减少, 形成缩颈现象, 如图 1-3(b)所示。由于在缩颈部分横截面面积明显减少, 使试件继续伸长所需要的拉力也相应减少, 故在 $\sigma - \varepsilon$ 曲线中, 应力由最高点下降到 E 点, 最后试件在缩颈段被拉断, 这一阶段称为缩颈阶段或局部变形阶段。

上述拉伸过程中, 材料经历了弹性、屈服、强化和缩颈四个阶段。对应前三个阶段的三个特征点, 其相应的应力值依次为比例极限 σ_p 、屈服点极限 σ_s 和强度极限 σ_b 。对低碳钢来说, 屈服点极限和强度极限是衡量材料强度的主要指标。

2. 材料的塑性

试件拉断后, 材料的弹性变形消失, 塑性变形则保留下来, 试件长度由原长 l 变为 l_1 ,

试件拉断后的塑性变形量与原长之比以百分比表示,即

$$\delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: δ 为断后伸长率; l 为试件原始标距; l_1 为试件拉断后的标距。

断后伸长率是衡量材料塑性变形程度的重要指标之一, Q235 钢的断后伸长率 $\delta \approx 20\% \sim 30\%$ 。断后伸长率越大, 材料的塑性性能越好。工程上将 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料, 如低碳钢、铝合金、青铜等均为常见的塑性材料; 将 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料, 如铸铁、高碳钢、混凝土等均为脆性材料。

衡量材料塑性变形程度的另一个重要指标是断面收缩率 ψ 。设试件拉伸前的横截面积为 A , 拉断后断口横截面面积为 A_1 , 以百分比表示的比值, 即

$$\psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\% \quad (1-4)$$

称为断面收缩率。断面收缩率越大, 材料的塑性越好, Q235 钢的断面收缩率约为 50%。

3. 材料的硬度

硬度实际上是指一个小的金属表面或很小的体积内抵抗弹性变形、塑性变形或破裂的一种抗力。因此, 硬度不是一个单纯的确定的物理量, 不是基本的力学性能指标, 而是一个由材料的弹性、强度、塑性、韧性等一系列不同力学性能组成的综合性能指标, 所以硬度所表示的量不仅取决于材料本身, 而且取决于试验方法和试验条件。

硬度试验方法很多, 一般可分为三类, 有: 压入法, 如布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度、显微硬度; 划痕法, 如莫氏硬度; 回跳法, 如肖氏硬度等。目前机械制造生产中应用最广泛的硬度试验方法是布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1) 布氏硬度

布氏硬度的测定原理是用一定大小的试验力 $F(N)$, 把直径为 $D(mm)$ 的淬火钢球或硬质合金球压入被测金属的表面(见图 1-4), 保持规定时间后卸除试验力, 用读数显微镜测出压痕平均直径 $d(mm)$, 然后按公式求出布氏硬度 HB 值, 或者根据 d 从已备好的布氏硬度表中查出 HB 值。布氏硬度的计算公式为

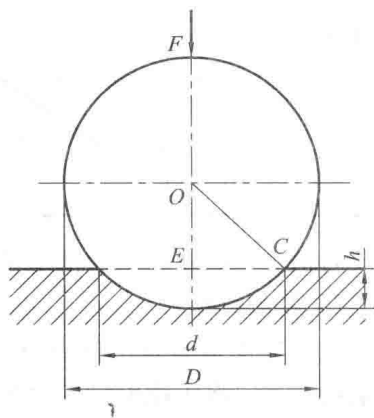


图 1-4 布氏硬度试验原理示意图

$$HBS(HBW) = 0.102 \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \frac{F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-5)$$

由于金属材料有硬有软, 被测工件有厚有薄、有大有小, 如果只采用一种标准的试验力 F 和压头直径 D , 就会出现对某些材料和工件不适应的现象。因此, 在生产中进行布氏硬度试验时, 要求能使用不同大小的试验力和压头直径。当对同一种材料采用不同的 F 和 D 进行试验时, 能否得到同一布氏硬度值, 关键在于压痕几何形状的相似性, 即可建立 F 和 D 的某种选配关系, 以保证布氏硬度的不变性。

用淬火钢球作压头测得的硬度值以符号 HBS 表示, 用硬质合金球作压头测得的硬度值以符号 HBW 表示。符号 HBS 和 HBW 之前的数字为硬度值, 符号后面依次用相应数值

注明压头球体直径(mm)、试验力(0.102 N)、试验力保持时间(s)(10~15 s 不标注)。例如: 500 HBW5/750 表示用直径 5 mm 硬质合金球在 7355 N 试验力作用下保持 10~15 s 测得的布氏硬度值为 500; 120 HBS10/1000/30 表示用直径 10 mm 的钢球压头在 9807 N 试验力作用下保持 30 s 测得的布氏硬度值为 120。布氏硬度试验规范见表 1-1。

表 1-1 布氏硬度试验规范

材料种类	布氏硬度 使用范围	球直径 D/mm	$0.102F/D^2$ 值	试验力 F /N	试验力 保持时间/s	备 注
钢、铸铁	≥ 140	10	30	29420	10	压痕中心距 试样边缘距离 不应小于压痕 平均直径的 2.5 倍。 两相邻压痕 中心距离不应 小于压痕平均 直径的 4 倍。 试样厚度至 少应为压痕深 度的 10 倍。试 验后, 试样支 撑面应无可见 变形痕迹
		5		7355		
		2.5		1839		
	< 140	10	10	9807	10~15	
		5		2452		
		2.5		613		
非铁 金属材料	≥ 130	10	30	29420	30	
		5		7355		
		2.5		1839		
	35~130	10	10	9807	30	
		5		2452		
		2.5		613		
	< 35	10	2.5	2452	60	
		5		613		
		2.5		153		

目前, 布氏硬度试验法主要用于铸铁、非铁金属以及经退火、正火和调质处理的钢材。

2) 洛氏硬度

洛氏硬度试验是目前应用最广的性能试验方法, 它是采用直接测量压痕深度来确定硬度值的方法。洛氏硬度试验原理如图 1-5 所示。它是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm(1/16 英寸)的淬火钢球作压头, 先施加初试验力 F_1 (98 N), 再加上主试验力 F_2 , 其总试验力为 $F=F_1+F_2$ (588 N、980 N、1471 N)。

图 1-5 中, 0-0 为压头没有与试样接触时的位置; 1-1 为压头受到初试验力 F_1 后压入试样的位置; 2-2 为压头受到总试验力 F 后压入试样的位置。经规定的保持时间, 卸除主试验力 F_2 , 仍保留初试验力 F_1 , 试样弹性变形的恢复使压头上升到 3-3 的位置。此时压头受主试验力作用压入的深度为 h , 即 1-1 位置至 3-3 位置。金属越硬, h 值越小。一般洛氏硬度机不需直接测量压痕深度, 硬度值可由刻度盘上的指针指示出来。

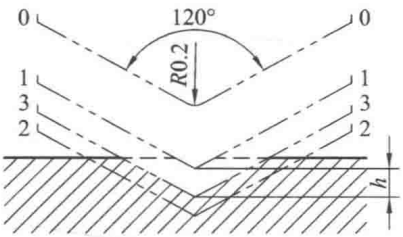


图 1-5 洛氏硬度试验原理示意图

为了能用一种硬度计测定从软到硬的材料硬度, 采用了不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标度, 每一个标度用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后加以注明。我国常

用的洛氏硬度是 HRA、HRB、HRC 三种，试验条件(GB/T 230.1—2004)及应用范围见表 1-2。洛氏硬度值标注方法为在硬度符号前面注明硬度数值，例如 52 HRC、70 HRA 等。

表 1-2 常用的三种洛氏硬度试验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 F/kN	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°的金刚石圆锥体	0.5884	70~85 HRA	硬质合金，表面淬火层，渗碳层
HRB	$\phi 1.588\text{ mm}$ 钢球	0.9807	25~100 HRB	非铁合金，退火、正火钢等
HRC	120°的金刚石圆锥体	1.4711	20~67 HRC	淬火钢，调质钢等

洛氏硬度 HRC 可以用于硬度很高的材料，操作简便迅速，而且压痕很小，几乎不损伤工件表面，故在钢件热处理质量检查中应用最多。但由于它的压痕小，因此硬度值代表性差些。若材料有偏析或组织不均匀的情况，则所测硬度值的重复性较低，故需在试样不同部位测定三点，取其算术平均值。

4. 材料的冲击韧度

机械零部件在使用过程中不仅受到静载荷或变动载荷的作用，而且会受到不同程度的冲击载荷作用，如锻锤、冲床、铆钉枪等。在设计和制造受冲击载荷的零件和工具时，还必须考虑所用材料的冲击吸收功或冲击韧度。

目前最常用的冲击试验方法是摆锤式一次冲击试验，其试验原理如图 1-6 所示。

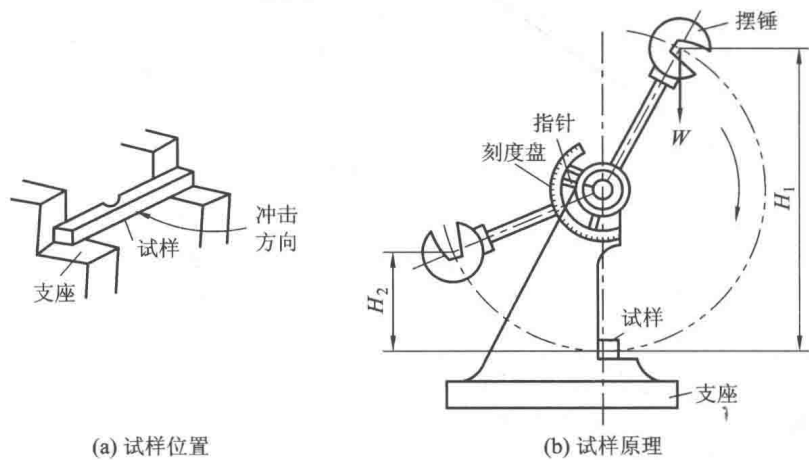


图 1-6 冲击试验原理图

将待测定的材料先加工成标准试样，然后放在试验机的机架上，试样缺口背向摆锤冲击方向；将具有一定重量 W 的摆锤举至一定高度 H_1 ，使其具有势能(WH_1)，然后摆锤落下冲击试样；试样断裂后摆锤上摆到 H_2 高度。在忽略摩擦和阻尼等条件下，摆锤冲断试样所做的功，称为冲击吸收功，以 A_K 表示，则有 $A_K=WH_1-WH_2=W(H_1-H_2)$ ，用试样的断口处截面积 S_N 去除 A_K 即得到冲击韧度，用 a_K 表示，单位为 J/cm^2 ，表达式为

$$a_K = \frac{A_K}{S_N} \tag{1-6}$$

试验表明，对一般常用钢材来说，所测冲击吸收功 A_K 越大，材料的韧性越好。试验还表明，冲击韧度值 a_K 随温度的降低而减小，在某一温度范围内材料的 a_K 值急剧下降。材料由韧性状态向脆性状态转变的温度称为韧脆转变温度。

长期生产实践证明 A_K 、 a_K 值对材料的组织缺陷十分敏感,能灵敏地反映材料品质、宏观缺陷和显微组织方面的微小变化,因而冲击试验是生产上用来检验冶炼和热加工质量的有效办法之一。

5. 材料的疲劳极限

许多机械零件(如轴、齿轮、弹簧等)和许多工程结构都是在交变应力作用下工作的,它们工作时所承受的应力通常都低于材料的屈服强度。材料在循环应力和应变作用下,在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程称为材料的疲劳。

疲劳失效与静载荷下的失效不同,断裂前没有明显的塑性变形,发生断裂也较突然。这种断裂具有很大的危险性,常常造成严重的事故。据统计,大部分机械零件的失效是由金属疲劳造成的,因此,工程上十分重视对疲劳规律的研究。无裂纹体材料的疲劳性能判据主要是疲劳极限和疲劳缺口敏感度等。

在交变载荷下,金属材料承受的交变应力(σ)和断裂时应力循环次数(N)之间的关系,通常用疲劳曲线来描述,如图 1-7 所示。若金属材料承受的最大交变应力 σ 越大,则断裂时应力循环次数 N 越小;反之若 σ 越小,则 N 越大。当应力低于某值时,应力循环到无数次也不会发生疲劳断裂,此应力值称为材料的疲劳极限,以 σ_D 表示。

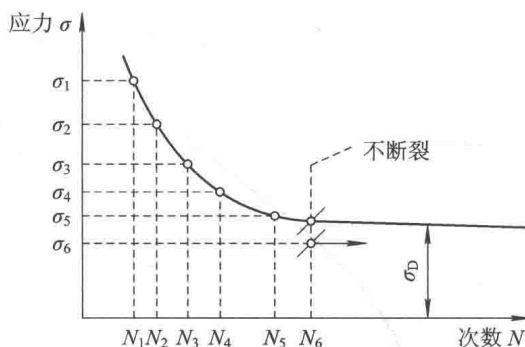


图 1-7 疲劳曲线示意图

常用钢铁材料的疲劳曲线形状有明显的水平部分,如图 1-8(a)所示。其他大多数金属材料的疲劳曲线上没有水平部分,如图 1-8(b)所示,在这种情况下,规定某一循环次数 N_0 断裂时所对应的应力作为条件疲劳极限,以 σ_N 表示。

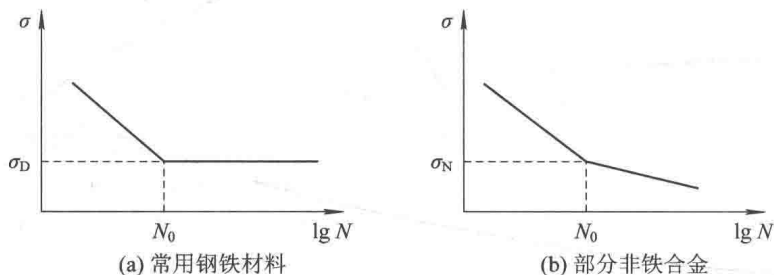


图 1-8 两种类型疲劳曲线

通常材料疲劳性能的测定是在旋转弯曲疲劳实验机上进行的,具体试验方法请参阅 GB/T 4337—2008《金属材料疲劳试验旋转弯曲方法》。试验规范规定各种金属材料指定寿

命(循环基数) N_0 (如合金钢的循环基数为 10^7 , 低碳钢的循环基数为 5×10^6), 应力循环次数达到 N_0 次仍不发生疲劳破坏, 此时的最大应力可作为疲劳极限。通常这种在对称应力循环条件下的纯弯曲疲劳极限用 σ_{-1} 表示。

由于疲劳断裂通常是从机件最薄弱的部位或内、外部缺陷所造成的应力集中处发生的, 因此疲劳断裂对许多因素很敏感。例如, 循环应力特性、环境介质、温度、机件表面状态、内部组织缺陷等, 这些因素导致疲劳裂纹的产生或加速裂纹扩展而降低疲劳寿命。

为了提高机件的疲劳抗力, 防止疲劳断裂事故的发生, 在进行机件设计和加工时, 应选择合理的结构形状, 防止表面损伤, 避免应力集中。由于金属表面是疲劳裂纹易于产生的地方, 而实际零件大部分都承受交变弯曲或交变扭转载荷, 表面处应力最大, 因此, 表面强化处理就成为提高疲劳极限的有效途径。

1.1.2 材料的物理性能

金属材料的物理性能主要包括比重、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性等。由于机械零件的用途不同, 因此对金属材料的物理性能要求也有所不同。例如, 飞机零件是用比重小、强度高的铝合金制造而成的, 这样可以增加有效载重量; 制造内燃机的活塞, 要求材料具有较小的热膨胀系数; 制造变压器用的硅钢片, 要求具有良好的磁性。

金属材料的一些物理性能, 对热加工工艺也有一定的影响。例如, 导热性对热加工具有十分重要的意义。在进行铸造、锻造、焊接或热处理时, 由于导热性的缘故, 金属材料在加热或冷却过程中产生内外温度差, 导致各部位不同的膨胀或收缩量, 产生内应力, 从而引起金属材料的变形和裂纹。因此, 对于导热性差的金属材料(如合金钢, 尤其是高合金钢), 应采取适当的措施, 避免急剧的加热或冷却, 防止材料产生裂纹; 在铸造中, 对于熔点不同的材料, 所选择的浇注温度也应有所不同。

1.1.3 材料的化学性能

化学性能是指金属材料在常温或高温条件下, 抵抗外界介质对其化学侵蚀的能力。它主要包括耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

一般金属材料的耐酸性、耐碱性和抗氧化性都是很差的, 为了满足化学性能的要求, 必须使用特殊的合金钢及某些有色金属, 或者使之与介质隔离。例如, 化工设备、医疗器械等采用不锈钢, 工业用的锅炉、喷气发动机、汽轮机叶片等选用耐热钢。

1.1.4 材料的工艺性能

金属材料加工成形常用的四种基本加工方法是: 铸造、锻压、焊接和切削加工。通常前三种加工方法称为热加工, 而切削加工称为冷加工。

金属材料的工艺性能包括加工工艺性能和热处理工艺性能。其中, 加工工艺性能是指材料加工成形的难易程度。按照加工工艺的不同, 加工工艺性能又分为铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性等。工艺性能往往是由物理性能、化学性能和力学性能综合作用所决定的, 不能简单用一个物理参数来表示。

1. 铸造性

铸造性是指金属熔化成液态后, 在铸造成形时所具有的特性。衡量金属铸造性的指标