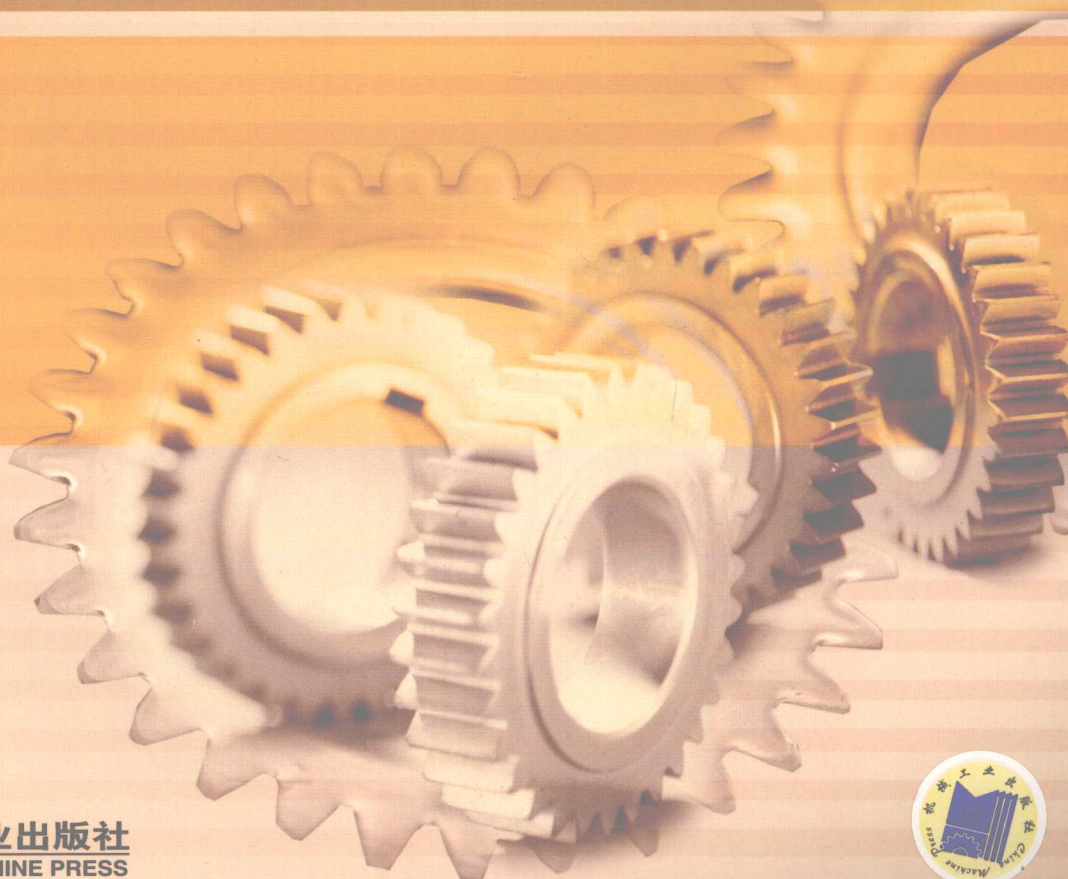




高职高专规划教材

机械基础

隋明阳 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专规划教材

机械基础

主 编 隋明阳
副主编 孙贵鑫 汪京晶 叶如燕
参 编 陈继荣 蒋鸣雷 金 英 梁小丽
刘永平 钱 卫 王娟娟 王明清
隋 南 张怀莲
主 审 吴联兴

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书共安排了 13 个学习项目, 主要包括机器及其组成、机械工程常用材料、机械设计与制造的基本原则和一般程序、机械使用与维修常识、公差配合、工程力学和常用机械传动(含机构)、联接、支承零部件的工作原理、结构、特点、应用、选择、设计、使用、维护, 液压与气动等方面的内容。

在本书中, 几乎每个项目都设置了【实例】、【学习目标】、【学习建议】、【分析与探究】、【学习小结】等环节; 本书还配套有学习评价册, 以方便教师和学生使用。

本书可作为高职高专工科各专业的通用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/隋明阳主编. —北京: 机械工业出版社, 2008.4

高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-23852-2

I. 机… II. 隋… III. 机械学 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 046496 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰 责任编辑: 张双国 版式设计: 霍永明

责任校对: 张晓蓉 封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市明辉装订厂装订)

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.5 印张·452 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23852-2

定价: 29.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379756

封面无防伪标均为盗版

前言

我国的职业教育正处在历史的最好时期,教育教学改革正在不断深入。为了更好地为我国社会发展和教育事业服务,高职教育应该突出以学生为主体、以能力为本位,多采用问题教学模式和探究学习方式。本书是在课程改革和总结教师多年教学经验的基础上编写的,适应教学模式和教学方法改革的需要,课程内容综合化、模块化、工程化,学习与评价相结合,并注重过程考核和学生参与考核,尽量采用彩色实物图、立体简图和机构简图对应的编排方式,便于学生理解。

本书紧紧围绕着一线高级专业技术人员的工作需要,兼顾社会需求与学生发展,按照教学规律对教学内容进行了删减、重组和精炼,在尽量采用最新的国家标准和有关规范的同时,也考虑了目前我国第一线工作的现状,进行了较宽泛的处理,以适应培养对现场实际问题的分析能力、解决能力和复合型人才的需要。

本书配套有学习评价册,以方便学生和老师使用。

本书共安排了13个学习项目,主要包括机器及其组成、机械工程常用材料、机械设计与制造的基本原则和一般程序、机械使用与维修常识、公差配合、工程力学和常用机械传动(含机构)、联接、支承零部件的工作原理、结构、特点、应用、选择、设计、使用、维护,液压与气动等方面的内容。

在本书中,几乎每个项目都设置了【实例】、【学习目标】、【学习建议】、【分析与探究】、【学习小结】等环节;在配套的学习评价册中安排了【自我测试】、【综合测试】、【学习纪实】、【综合评价】等栏目,有利于学习与评价。

本书由隋明阳任主编,孙贵鑫、汪京晶、叶如燕任副主编。各项目的编写分工为:隋明阳编写项目1、隋南编写项目2、孙贵鑫编写项目3、梁小丽编写项目4、金英编写项目5、王娟娟编写项目6、钱卫编写项目7、汪京晶和陈继荣编写项目8、刘永平编写项目9、叶如燕编写项目10、王明清编写项目11、蒋鸣雷编写项目12、张怀莲编写项目13。

吴联兴担任了本书的主审并提出了许多宝贵意见,姜占峰、王霄、肖山、诸刚、禹治斌、杨娟等人参加了本书的图形和文字处理,在此一并表示真诚的感谢。

由于编者的能力和水平有限,书中难免存在不妥及错误之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录

前言	
导言	1
项目 1 概况	3
1.1 金属材料的性能	3
1.2 钢的常用热处理方法	9
1.3 摩擦、磨损与润滑	12
1.4 机械设计与制造	15
1.5 机械的使用与维修	20
项目 2 常用机械工程材料	25
2.1 钢铁材料(黑色金属)	26
2.2 非金属材料(有色金属及其合金)	33
2.3 非金属材料	40
项目 3 零部件的受力分析	45
3.1 静力学的基本概念及其公理	45
3.2 约束与约束力	48
3.3 受力图	52
3.4 力的投影、力矩及力偶	56
3.5 求解约束力	60
项目 4 零件基本变形和强度分析	64
4.1 轴向拉伸与压缩	66
4.2 剪切	70
4.3 圆轴的扭转	72
4.4 直梁的弯曲	74
项目 5 机械的动力性能	79
5.1 刚性回转件的平衡	79
5.2 机器的速度波动及其调节	83
项目 6 公差与配合	85
6.1 极限与配合	85
6.2 形状和位置公差	99
6.3 表面粗糙度	110
项目 7 联接	118
7.1 键联接	119
7.2 销及销联接	123
7.3 螺纹联接	125
7.4 轴间联接与制动器	138
7.5 不可拆联接	148
项目 8 机械传动	152
8.1 摩擦轮传动	153
8.2 摩擦型带传动	155
8.3 啮合型带传动	162
8.4 链传动	163
8.5 减速器	166
8.6 直齿圆柱齿轮传动	167
8.7 斜齿圆柱齿轮传动	175
8.8 直齿锥齿轮传动	176
8.9 蜗杆传动	177
8.10 齿轮系	181
项目 9 支承零部件	185
9.1 轴	185
9.2 轴承的作用与分类	191
9.3 滚动轴承	192
9.4 滑动轴承	200
项目 10 弹簧	203
10.1 弹簧的功用	203
10.2 弹簧的主要类型及其特点和应用	204
10.3 弹簧材料及热处理方法	206
10.4 螺旋弹簧的尺寸、特性线和失稳	207
项目 11 常用机构	209
11.1 运动副及其分类	210
11.2 平面连杆机构	212
11.3 凸轮机构	219
11.4 间歇运动机构	225
项目 12 液压与气压传动	228
12.1 液压与气动系统的工作原理及组成	228
12.2 动力元件	232
12.3 执行元件	238
12.4 控制元件	244
12.5 辅助元件	254

12.6 基本回路	256	附录	279
项目 13 机械的润滑与密封	262	附表 1 常用及优先轴公差带的极限 偏差	279
13.1 润滑的作用和润滑技术	263	附表 2 常用及优先孔公差带的极限 偏差	283
13.2 润滑剂	264	参考文献	287
13.3 润滑方式与润滑装置	267		
13.4 密封方式与密封装置	276		

导 言

为了满足生活和生产的需要,人类创造并发展了机械。当今世界,人们已经越来越离不开机械。学习机械知识,掌握一定的机械设计、制造、运用、维护与修理方面的理论、方法和技能是十分必要的。

0 【实例】内燃机 (图 0-1)

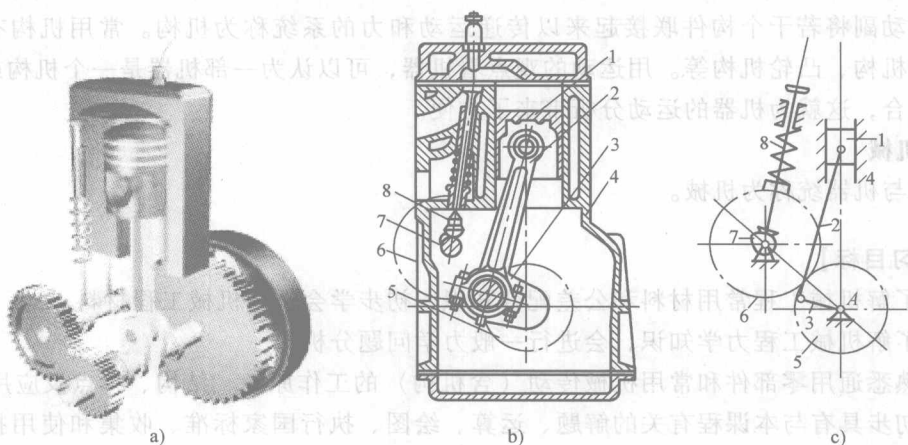


图 0-1 内燃机

1—活塞 2—连杆 3—曲轴 4—机体 5、6—齿轮 7—凸轮 8—气门杆

0 【分析与探究】

机器是我们的研究对象。图 0-1 所示的单缸内燃机是典型的机器。图 0-1a 为立体简图,图 0-1b 为结构简图,图 0-1c 为机构简图。轻便摩托车和燃油助力自行车的发动机多为单缸内燃机。汽车发动机则可以看成是多个单缸内燃机的组合。为了便于研究,先介绍几个概念。

1. 机器

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。汽车、自行车、缝纫机、通风机、食品加工机、打印机、电动机、机床、机器人等都是机器。

2. 零件和部件

从制造的角度看,机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器中不可拆卸的制造单元。按其是否具有通用性可以将零件分为两大类:一类是通用零件,它的应用很广泛,几乎在任何一部机器中都能找到它,例如齿轮、轴、螺母、销钉等;另一类是专用零件,它仅用于某些机器中,常可表征该机器的特点,如内燃机的活塞、起重机的吊钩等。

有时为了装配方便,先将一组组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合体,然后再装配成整机,这种组合体常称之为部件(或组件),例如内燃机的连杆,车床

的主轴箱、尾座,滚动轴承以及自行车的脚蹬子等。将机器看成是由零部件组成的,不仅有利于装配,也有利于机器的设计、运输、安装和维修等。按零部件的主要功用可以将它们分为连接与紧固件,传动件、支承件等。在机器中,零件都不是孤立存在的,它们是通过连接、传动、支承等形式按一定的原理和结构联系在一起的,这样才能发挥出机器的整体功能。

3. 构件和机构

从运动的角度看,机器是由若干个运动的单元所组成的,这种运动单元称为构件。构件可以是一个零件(如图0-1中的气门杆8),也可以是若干个零件的刚性组合体(如图0-1中的连杆2是由连杆体、连杆头和螺栓、螺母等多个零件组合而成的一个构件)。各构件之间也是有联系的,是靠运动副联接起来的。构件与构件直接接触所形成的可动联接称之为运动副。用运动副将若干个构件联接起来以传递运动和力的系统称为机构。常用机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。用运动的观点看机器,可以认为一部机器是一个机构或若干个机构的组合,这就为机器的运动分析带来了方便。

4. 机械

机构与机器统称为机械。



【学习目标】

- 1) 了解机械工程常用材料和公差配合知识,初步学会选用机械工程材料。
- 2) 了解机械工程力学知识,会进行一般力学问题分析。
- 3) 熟悉通用零部件和常用机械传动(含机构)的工作原理、结构、特点及应用。
- 4) 初步具有与本课程有关的解题、运算、绘图、执行国家标准、收集和使用技术信息与资料的技能。
- 5) 初步具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能。
- 6) 初步具有运用和维护机械传动装置的能力。
- 7) 理解通用零部件和常用机械传动(含机构)的选用和基本设计方法,初步具有设计简单机械传动装置的能力。
- 8) 初步具有分析和处理机械中一般问题的能力。
- 9) 了解液压与气动知识,能看懂简单的回路图,会进行一般调试和维护。



【学习建议】

- 1) 参看教学课件中的有关内容。
- 2) 通过实验、实习、实训等加深理解,提高能力。
- 3) 参阅其他《机械基础》、《机械设计基础》教材或金属工艺学、工程力学、公差与配合、液压与气动等教材中的有关内容。
- 4) 登录互联网,通过搜索引擎查找到相关文件或网络课程,参看有关内容。

项目1 概况

作为机器的制造者或使用者,了解机器的制造、使用和维修知识是十分必要的。为此,必须先概括了解与此相关的机械设计、材料性能、钢的常用热处理方法和摩擦方面的常识。

【实例1】 齿轮齿面塑性变形 (图1-1)

【实例2】 箱体的铸造缺陷 (图1-2)

如何表达和评价用来制造零件的材料的好坏?

【学习目标】

1) 理解表达金属材料力学性能的名词术语及其判据。

2) 能通过金属材料的力学性能判据比较材料的优劣。

3) 理解表达金属材料加工工艺性能的名词术语。

【学习建议】

1) 参看有关书籍,如《机械基础》、《金属工艺学》等。

2) 在教师指导下作“金属材料性能”实验或观看实验录像。

3) 观看金属材料加工方法录像。

【分析与探究】

1.1 金属材料的性能

常用的机械工程材料可以分为两大类:金属材料和非金属材料。目前,机械工程中使用的最广泛的还是金属材料,这是研究的重点。

为了正确、合理地使用金属材料,必须了解其性能。

金属材料的性能包括使用性能和加工工艺性能两个方面。

使用性能是指材料在使用过程中所表现出来的性能。加工工艺性能是指材料是否易于加工的性能。对于金属材料而言,使用性能包括力学性能、物理性能(如熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性、密度等)和化学性能(如耐蚀性、耐氧化性等);加工工艺性能主

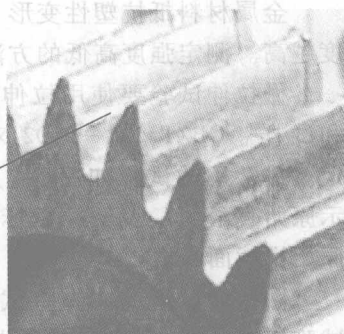


图 1-1 齿轮齿面塑性变形



图 1-2 箱体的铸造缺陷

要包括焊接性能、切削性能、压力加工性能、铸造性能和热处理性能等。

因影响金属材料使用性能的主要方面是其力学性能, 金属的物理性能和化学性能在有关课程中也已介绍过, 故本书分析金属材料的使用性能时主要分析其力学性能。

1.1.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力的作用下显示出来的特性, 原称之为机械性能。

1. 强度

金属材料抵抗塑性变形(永久变形)和断裂的能力称之为强度。抵抗能力越大, 则强度越高。测定强度高低的通常采用试验法, 其中拉伸试验应用最普遍。

做拉伸试验要使用拉伸试验机(图 1-3)和试样。GB/T 228—2002 对试样做出了规定。最常用的试样如图 1-4 所示, 其中 d_0 表示原始直径, L_0 表示原始标距长度, S_0 表示原始横截面积。

做拉伸试验时, 先将试样按要求装夹在试验机上, 然后对试样缓慢施加轴向拉力(又称为拉伸力), 试样会随着拉伸力的增加而逐渐变长最后被拉断。在整个试验中, 可以通过自动记录装置将拉伸力与试样伸长量之间的关系记录下来, 并据此分析金属材料的强度。如果以纵坐标表示拉伸力 F , 以横坐标表示试样的伸长量 ΔL , 按试验全过程绘制出的曲线称为力—伸长曲线或拉伸曲线。图 1-5 所示为某金属材料的力—伸长曲线图。

在图 1-5 中所示的曲线上, OA 段表示试样在拉伸力作用下均匀伸长, 伸长量与拉伸力的大小成正比。在此阶段的任何时刻, 如果撤去外力(拉伸力), 试样仍能完全恢复到原来的形状和尺寸。在这一阶段中, 试样的变形为弹性变形。当拉伸力继续增大超过 B 点所对应的值以后, 试样除了产生弹性变形外, 还开始出现微量的塑性变形, 此时如果撤去外力(拉伸力), 试样就不能完全复原了, 会有一小部分永久变形。拉伸力达到 F_{su} 和 F_{sl} 时, 图上出现近似水平的直线段或小锯齿形线段, 这表明在此阶段当外力(拉伸力)保持基本不变时, 试样的变形(伸长)仍在继续, 这种现象称之为屈服。过了此阶段后,

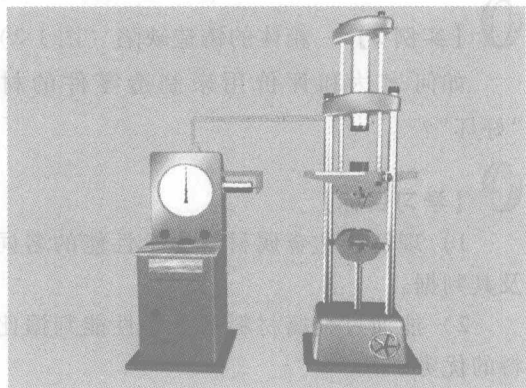


图 1-3 拉伸试验机

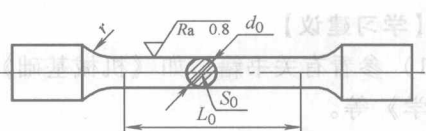


图 1-4 拉伸试样

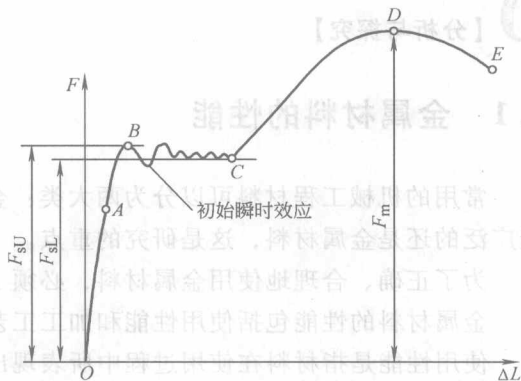


图 1-5 (某金属材料的力—伸长曲线)

如果继续增加外力（拉伸力），则试样的伸长量又会增加，到达 D 点后，试样开始在某处出现缩颈（即直径变小）、抗拉能力下降，到 E 点时，试样在颈缩处被拉断。

为了便于比较，强度判据（即表征和判定强度所用的指标和依据）采用应力来度量。应力是单位面积上的内力。内力则是指材料受到外力作用后，其内部产生的相互作用力。做拉伸试验时，试样没有断裂前处于平衡状态，可以认为内力与外力（即拉伸力）相等，则应力 = 拉伸力 / 截面积。

应力常用符号 σ 表示^①，其单位为 Pa（帕）或 MPa（兆帕）。 $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ ， $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa} = 1\text{N}/\text{mm}^2$ 。

常用的强度判据有两个：抗拉强度 σ_b 和屈服强度（屈服点） σ_s 。抗拉强度是对应最大力的应力： $\sigma_b = F_m/S_0$ （ S_0 为试样的原始截面积）；上屈服强度是试样发生屈服时的应力： $\sigma_s = F_s/S_0$ ；一般计算 F_s 取 F_{sU} 或 F_{sL} 均可（ F_{sU} 为上屈服力， F_{sL} 为下屈服力）。

对于某些没有明显屈服现象的金属（如黄铜、铸铁、高碳钢等），其 F_{sL} 很难确定（图1-6a），工程技术上规定将试样产生永久变形为 0.2% 时的应力作为一种条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示（图1-6b）。实践证明，这是可行的。

2. 塑性

塑性是指金属材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。塑性好的金属材料便于进行压力加工成形。判断金属材料塑性好坏的主要判据有断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。它们也可以通过前面提到的拉伸试验进行分析。

断后伸长率是试样被拉断后标距的伸长量同原始标距的百分比，用 δ 表示（ δ_5 表示短试样， δ_{10} 表示长试样），即：

$$\delta = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_k ——试样被拉断后的长度，单位为 mm；

L_0 ——试样的原始标距长度，单位为 mm。

断面收缩率是试样被拉断后颈缩处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比，用 ψ 表示，即：

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

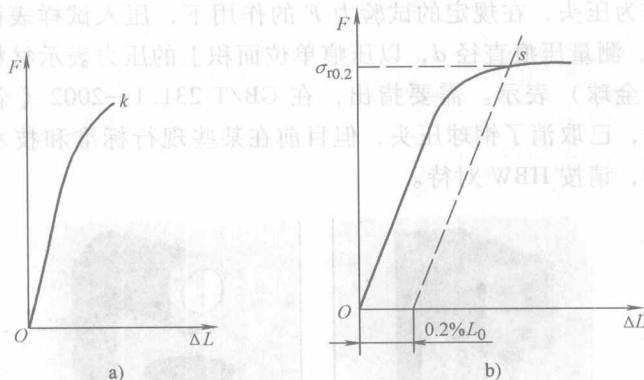


图1-6 没有明显屈服现象的力—伸长曲线

① 在新标准 GB/T 228—2002《金属材料 室温拉伸试验方法》中，应力符号为 R 。考虑到在我国的大多数现行标准和图书资料中，应力符号用 σ 表示，本书暂采用后者。为了便于学习和过渡，给出新标准与旧标准中部分内容的对照（表1-1）。

式中 S_0 ——试样的原始横截面积, 单位为 mm^2 ;

S_k ——试样被拉断后颈缩处的最小横截面积, 单位为 mm^2 。

一般情况下, δ 和 ψ 的数值越大表示金属材料的塑性越好。

3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形, 特别是局部塑性变形、压痕或划痕的能力, 是衡量材料软硬的判据, 也可以从一定程度上反映材料的综合力学性能。材料的硬度可通过硬度试验来测定。常用的硬度试验方法有布氏测试法、洛氏测试法、维氏测试法和里氏测试法, 其中前两种方法应用最广泛。

1) 布氏硬度。用布氏测试法测定的硬度称为布氏硬度。布氏硬度试验机如图 1-7a 所示。

布氏测试法的原理如图 1-8 所示。试验时, 按照一定的规范, 用直径为 D 的硬质合金球作为压头, 在规定的试验力 F 的作用下, 压入试样表面并保持一段时间, 然后撤去试验力 F 、测量压痕直径 d , 以压痕单位面积上的压力表示材料的布氏硬度值, 用符号 HBW (硬质合金球) 表示。需要指出, 在 GB/T 231.1—2002 《金属布氏硬度 第 1 部分: 试验方法》中, 已取消了钢球压头, 但目前在某些现行标准和技术文件以及一线工作中, HBS 仍有应用, 请按 HBW 对待。

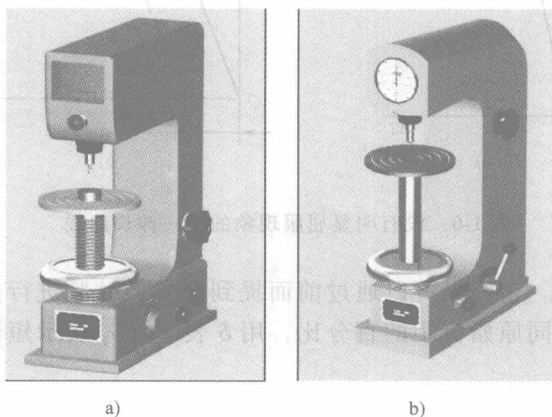


图 1-7 布氏硬度试验机和洛氏硬度试验机

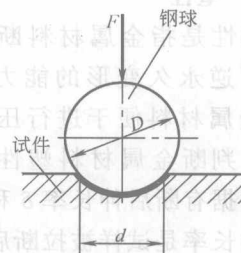


图 1-8 布氏硬度测试法原理

在实际应用时, 布氏硬度值既不用计算, 又不用标注单位, 只需测出压痕直径 d 后再查压痕直径与布氏硬度对照表即可。其表示方法的书写顺序为:

硬度值 + 压头符号 + 压头直径/试验力/保持时间 (10 ~ 15s 可不标注)

例如: 350HBW5/750 表示用直径为 5mm 的硬质合金球在 350kgf (7.355kN) 试验力的作用下保持 10 ~ 15s 测得的布氏硬度值为 350。

2) 洛氏硬度。用洛氏测试法测出的硬度值称为洛氏硬度。洛氏硬度试验机如图 1-7b 所示。

洛氏测试法是用顶角为 120° 的金刚石锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球作压头, 在一定的试验力作用下压入试样表面, 然后根据压痕的深度确定试样的硬度值。在实际工作中, 洛氏硬度值既不用计算, 又不用查表, 可方便地在洛氏硬度测试仪上直接读出。根据试验时

采用的压头和试验力的不同,洛氏硬度常采用三种标尺:HRA、HRB和HRC,其中HRC应用最多。

洛氏硬度的表示方法为:硬度值+符号,如58HRC、85HRA等。

除了以上两种常用硬度外,还有维氏硬度(HV)和里氏硬度(HL)。

由于各种硬度的测试条件不同,不能直接换算,但它们之间仍有一定的对应关系,需要时可查阅硬度对照表。

4. 韧性

韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力。韧性主要反映了金属抵抗冲击力而不断裂的能力。韧性好的金属抗冲击的能力强。韧性的判据是通过冲击试验确定的。最常用的冲击试验是摆锤式一次性冲击试验,其工作原理如图1-9所示。

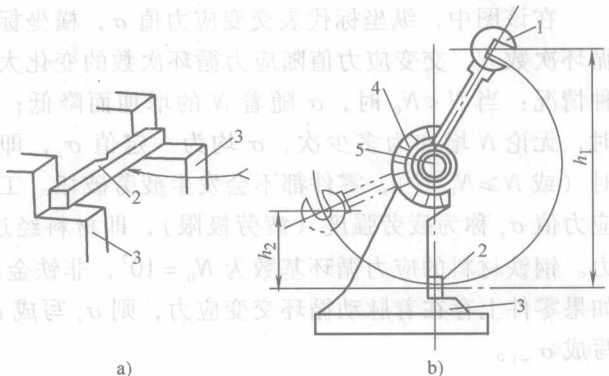


图 1-9 摆锤式一次性冲击试验

1—摆锤 2—试样 3—机架 4—指针 5—刻度盘

试验时,先将带有缺口的试样2放在由摆锤1、机架3、指针4和刻度盘5组成的试验机上,再将摆锤1抬到一定的高度 h_1 ,然后让其自由摆下冲断试样,记录下摆锤的最后高度 h_2 。在此,摆锤冲断试样所消耗的能量等于试样在冲击试验力一次作用下折断时所吸收的功,简称为冲击吸收功,用 A_K 表示。

$$A_K = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

实际试验时, A_K 值可在试验机上直接获得,不用计算。

国家标准规定将冲击吸收功 A_K 作为材料韧性的判据。 A_K 值越大,表明材料的韧性越好。

因试样的形状、尺寸和表面质量等因素会影响 A_K 值的大小,故试样的加工要求应统一。按GB/T 229的规定,被测材料应制成标准试样,其缺口有V型和U型之分,其 A_K 值分别记作 A_{KV} 或 A_{KU} 。U型标准试样如图1-10所示。

在做此试验时,要注意试样的缺口一定要背对摆锤的冲击方向。

工程实际中,有时也将试样缺口底部单位横截面积上的冲击吸收功($\alpha_K = A_K/S$ 式中, S 为试样缺口底部的横截面积,单位为 cm^2)作为材料韧性的判据,称为冲击韧度。

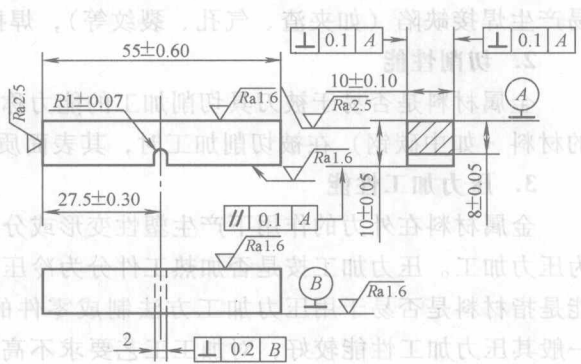


图 1-10 冲击试验标准试样

5. 疲劳强度

许多零件工作时其内部都存在着变应力(即随时间变化的应力)。如果这种变应力作周

周期性变化则称之为循环应力或交变应力。

零件在交变应力下工作时,尽管有时交变应力值远远低于抗拉强度,但经过一定的应力循环次数后也会在一处或几处产生局部永久性积累损伤,导致零件产生裂纹或突然发生断裂。这个过程称为金属疲劳(疲劳破坏)。据统计,大部分零件的损坏都是由金属疲劳造成的。

交变应力与应力循环次数的关系可以通过做疲劳试验来分析。经过对试验数据的整理,可画出材料的疲劳曲线。某金属材料的疲劳曲线如图 1-11 所示。

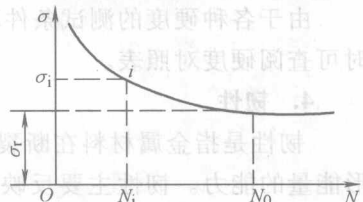


图 1-11 疲劳曲线

在该图中,纵坐标代表交变应力值 σ ,横坐标代表应力循环次数 N ,交变应力值随应力循环次数的变化大致分为两种情况:当 $N < N_0$ 时, σ 随着 N 的增加而降低;当 $N \geq N_0$ 时,无论 N 增加为多少次, σ 均为一定值 σ_r ,即当 $\sigma \leq \sigma_r$ 时(或 $N \geq N_0$ 时),零件都不会发生疲劳破坏。工程上将 N_0 称为应力循环基数,其对应的应力值 σ_r 称为疲劳强度(疲劳极限),即材料经过无数次循环应力作用而不断裂的最大应力。钢铁材料的应力循环基数为 $N_0 = 10^7$,非铁金属材料的应力循环基数 $N_0 = 10^8$ 。工作时,如果零件上存在着脉动循环交变应力,则 σ_r 写成 σ_0 ;如果存在着对称循环交变应力,则 σ_r 写成 σ_{-1} 。

零件的表面有微裂纹、划痕或应力集中,内部有缺陷(如气孔、缩松、夹杂物等)时,极易出现疲劳破坏。减小零件的表面粗糙度、对其进行表面强化处理(如表面淬火、滚压加工、喷丸处理等)均可提高零件的疲劳强度。

1.1.2 金属材料的加工工艺性能简介

金属材料的加工工艺性能反映了加工的难易程度,通常从以下几个方面来考虑。

1. 焊接性能

在一定的焊接条件下,被焊金属是否易于获得焊接接头的能力称为焊接性能(原称为可焊性)。焊接性能好的材料(如低碳钢)对焊接条件的工艺要求不高,便于施工,焊后不易产生焊接缺陷(如夹渣、气孔、裂纹等),焊接接头的力学性能较好。

2. 切削性能

金属材料是否易于被刀具切削加工的能力称为切削性能(又称可加工性)。切削性能好的材料(如中碳钢)在被切削加工时,其表面质量较好、切屑容易折断且刀刃不易磨损。

3. 压力加工性能

金属材料在外力的作用下产生塑性变形或分离并无切屑地成为零件或毛坯的加工方法称为压力加工。压力加工按是否加热工件分为冷压力加工和热压力加工两种类型。压力加工性能是指材料是否易于用压力加工方法制成零件的性能。塑性好的材料(如低碳钢、铝等)一般其压力加工性能较好,对加工工艺要求不高,加工后工件不易出现裂纹、褶皱等缺陷,容易达到质量要求。

4. 铸造性能

金属是否易于用铸造方法制成铸件或零件的性能称为铸造性能(原称为可铸性)。铸造性能好的金属材料(如灰铸铁),其液态时的流动性好,凝固时的收缩性小,凝固后的偏析小(即凝固后各处化学成分的不均匀性小),铸件的质量较高。

5. 热处理性能

金属是否易于通过加热、保温、冷却等过程来改变其性能的性能称为热处理性能。热处理性能好的金属材料工艺简单、生产率高、质量稳定。

0 【学习小结】

金属材料的力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等5项。

1) 强度是指材料抵抗塑性变形（永久变形）和断裂的能力，用应力来表示。应力符号是 σ ，其单位为Pa（帕）或MPa（兆帕），其最常用判据有抗拉强度 σ_b 和屈服点 σ_s 。一般情况下，材料的应力值越大越不容易使其发生永久变形或断裂。

2) 塑性是指材料断裂前发生不可逆永久变形的能力，用断后伸长率 δ 或断面收缩率 ψ 来表示。一般情况下，材料的 δ 或 ψ 值越大越便于压力加工。

3) 硬度是指材料抵抗局部变形，特别是局部塑性变形、压痕或划痕的能力，常用布氏硬度或洛氏硬度来表示，其值越大材料越“硬”。

4) 韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力，主要反映了金属抵抗冲击力而不断裂的能力，用冲击吸收功 A_K 或冲击韧度 α_K 来表示（推荐用 A_K ），其值大表示抗冲击的能力强。

5) 疲劳强度可以理解为材料在交变应力作用下抵抗塑性变形（永久变形）和断裂的能力，用疲劳极限 σ_r 来表示（在脉动循环交变应力情况下， σ_r 写成 σ_0 ；在对称循环交变应力情况下， σ_r 写成 σ_{-1} ）。

应用较多的金属材料的加工工艺性能包括焊接性能、切削性能、压力加工性能、铸造性能、热处理性能等5项。

金属材料的力学性能指标名称、符号的部分内容对照见表1-1。

表 1-1 金属材料的力学性能指标名称、符号的部分内容对照

（摘自 GB/T 228—2002《金属材料室温拉伸试验方法》）

新 标 准		旧 标 准	
性能名称	符 号	性能名称	符 号
屈服强度	—	屈服点	σ_s
上屈服强度	R_{eH}	上屈服点	σ_{sU}
下屈服强度	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
抗拉强度	R_m	抗拉强度	σ_b
规定残余延伸强度	R_r （例 $R_{r0.2}$ ）	规定残余伸长应力	σ_r （例 $\sigma_{r0.2}$ ）
断后伸长率	$A, A_{11.3}$	断后伸长率	δ_5, δ_{10}
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ

1.2 钢的常用热处理方法

0 【实际问题】

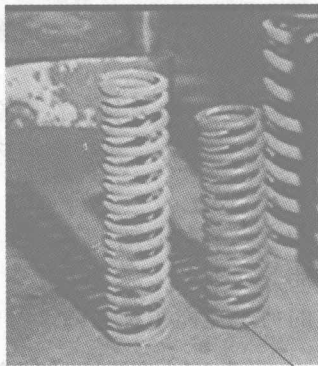
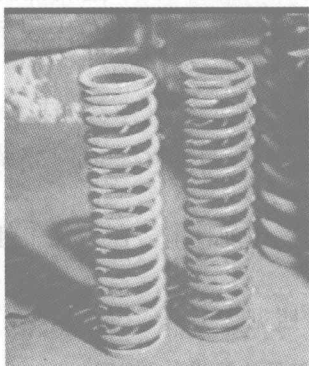
1) 材料和形状完全相同的两把斧头用同样的力砍在木材中的同一个钉子上，为什么一

把斧刃坏了而另一把没坏（图 1-12）？



图 1-12 斧头对比

2) 材料和形状完全相同的两个弹簧受到同样的压力，去掉压力之后为什么一个还有弹性而另一个却没有（图 1-13）？



失去了弹性的弹簧

图 1-13 弹簧对比

【学习目标】

- 1) 懂得金属材料热处理的含义。
- 2) 了解钢的常用热处理方法及其目的。

【学习建议】

观看钢的热处理电教片。

【分析与探究】

热处理是指对固态金属或合金进行适当方式的加热、保温和冷却，使其获得所需要的内部组织和性能的加工工艺方法。金属材料是否经过热处理对其性能影响很大。在机械制造中，绝大多数零件都需要进行热处理。

因目前钢在机械制造中所用的比例最大，其热处理方法又最具有代表性，故在此主要分

析钢的常用热处理方法及目的。

1. 退火 (焖火)

退火是指将钢件加热至临界温度 (具体数值可查阅有关书籍或资料, 如《热处理手册》。下同) 以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温一段时间后再缓慢冷却 (常随炉冷却) 的工艺。退火多用来消除铸件、锻件、焊接件的内应力, 降低其硬度以易于切削加工, 细化晶粒、改善内部组织, 增加零件的韧性。

2. 正火 (正常化)

正火是指将钢件加热到临界温度以上, 保温一段时间后放入空气中冷却的工艺。正火多用来处理低碳钢、中碳钢和表面渗碳零件, 使其组织细化, 增加强度和韧性, 减少内应力, 改善其切削性能。

3. 淬火 (习称蘸火)

淬火是指将钢件加热至临界温度以上, 保温一段时间后放入淬火介质 (又称淬火剂) 中急剧冷却的工艺。淬火用来提高钢的硬度和强度以及疲劳强度。常用的淬火剂有水、盐水、机油等。要注意, 淬火时工件内部会产生较大的内应力, 工件会变脆, 故淬火后必须回火。

4. 回火、调质

回火的目的是消除工件淬火后的脆性和内应力, 提高钢的塑性和韧性。回火是指将淬硬的工件加热至临界点 (可查有关资料) 以下某一温度, 保温一段时间后让工件在空气中或油中冷却的工艺, 分为低温回火、中温回火和高温回火三种情况。

通常将淬火后又高温回火的热处理工艺称为调质, 其目的是提高工件的综合力学性能。重要零件一般都需要进行调质处理。

5. 表面淬火

为了使某些零件 (如齿轮) 满足既耐磨又耐冲击的工作要求, 应使其工作面表层有较高的硬度、强度和耐磨性而心部仍保持原有的强度和韧性, 可采用某些加热方式使工件的表面迅速达到淬火温度而心部温度还很低时对其进行淬火, 这种工艺称为表面淬火。

6. 渗碳

为了增加零件表层的含碳量和一定的碳浓度梯度, 将工件在渗碳介质中加热并保温使碳原子渗入工件表层的化学热处理工艺称为渗碳。

渗碳可以使得零件表面的硬度高、强度高、耐磨性好而保持心部原有的韧性和强度, 多用于受冲击载荷的低碳钢、低碳合金钢或中碳钢零件。

7. 渗氮

渗氮也是一种化学热处理工艺, 其工艺方法与渗碳类似。由于氮的特殊作用, 使得工件表面的硬度更高, 耐磨性与耐蚀性好。渗氮多用于耐磨性零件 (钢件或铸铁件), 特别是在潮湿、碱水或燃烧气体介质中工作的零件。

8. 时效

时效是指先将钢件加热至不大于 $120 \sim 130^{\circ}\text{C}$, 长时间保温后再让其随炉冷却或在空气中冷却并长期放置的工艺。时效用来消除或减小工件的内应力, 防止其变形和开裂, 稳定工件的形状和尺寸。

以上只是概括性地介绍了钢的常用热处理工艺及目的。后续课程中对钢及其他金属材料