

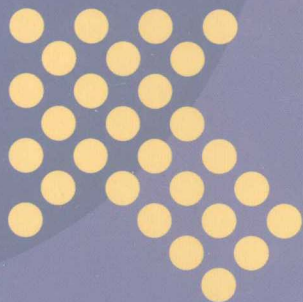
21世纪高等学校规划教材



JIXIE JICHU

机械基础

闫莉敏 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

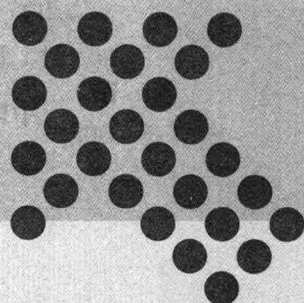
21世纪高等学校规划教材



JIXIE JICHU

机械基础

主 编 闫莉敏
副主编 罗进生
编 写 杨殿文 刘 冰 石向东
主 审 倪 涛



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。本书是根据非机械类专业的教学基本要求,充分考虑现阶段高等职业技术教育的实际情况,在总结近年来课程教学改革经验基础上编写而成的。全书共分为七章,主要包括:绪论,机械工程材料,常用机构,机械传动,连接类与支承类零部件,液压传动,金属切削机床概论。

本书可作为高职高专非机械类专业机械基础课程的教材,也可作为中职教材和从业人员岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/闫莉敏主编. —北京:中国电力出版社, 2010.2

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9860 - 0

I. ①机… II. ①闫… III. ①机械学-高等学校-教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 000414 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 230 千字

定价 16.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

本书是根据非机械类专业的教学基本要求,充分考虑现阶段高等职业技术教育的实际情况,在总结近年来课程教学改革经验基础上编写而成的。

本书编写的指导思想是:在保证基础知识、基本理论的基础上,贯彻“浅、宽、实用”的原则,在编写中遵循“精选内容、突出重点、强化应用、培养技能为主”的原则;从学生的认识规律出发,注重知识的实用性,为学习专业课打下良好的基础。

全书贯彻执行了近年来发布的有关国家新标准,以便读者更好地学习与理解。编写过程中,考虑到本课程总信息量较大、涉及知识面较宽、各专业侧重面不同等特点,采用了相对独立的模块式教学结构,各校可根据本校要求自行取舍。本书供非机械类各专业师生使用,参考学时为 56~72 学时,也可供有关工程技术人员参考。

本书由包头职业技术学院闫莉敏担任主编,由黄冈职业技术学院罗进生担任副主编。编写分工如下:包头职业技术学院杨殿文(第一、二章及附表 1~附表 5),包头职业技术学院石向东(第三章和第四章第一、二节),包头铁道职业技术学院刘冰(第四章第三节、第五章及附表 6~附表 13),包头职业技术学院闫莉敏(第六章、第七章及附表 14~附表 18)。

本书由黄冈职业技术学院倪涛副教授担任主审,并对本书提出了宝贵意见,在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者不吝指正。

编 者

2009 年 11 月

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 机械概述	1
第二节 金属材料性能	3
第三节 摩擦和磨损	7
思考题与习题	9
第二章 机械工程材料	10
第一节 钢的热处理	10
第二节 常用的钢铁材料	13
第三节 有色金属及其合金	22
第四节 非金属材料	24
思考题与习题	27
自我测试	27
第三章 常用机构	29
第一节 平面机构和运动简图	29
第二节 平面连杆机构	32
第三节 凸轮机构	39
第四节 其他常用机构	42
思考题与习题	46
自我测试	47
第四章 机械传动	49
第一节 带传动与链传动	49
第二节 齿轮传动	56
第三节 轮系与减速器	62
思考题与习题	66
自我测试	67
第五章 连接类与支承类零部件	69
第一节 连接类零部件	69
第二节 支承类零部件	80
思考题与习题	89
自我测试	89
第六章 液压传动	91
第一节 液压传动概述	91
第二节 液压元件	94

第三节 液压基本回路.....	107
思考题与习题.....	112
自我测试.....	112
第七章 金属切削机床概论.....	114
第一节 机床的基础知识.....	114
第二节 车床及车刀.....	117
第三节 其他机床.....	121
思考题与习题.....	129
附录.....	130
参考文献.....	147

第一章 绪 论

第一节 机 械 概 述

一、机器、机构和机械

在人们的生产和生活中广泛使用着各种机器。所谓机器，就是根据某种使用要求而设计的一种执行运动的装置，用来代替或减轻人类的劳动强度，改善劳动条件，提高劳动生产效率。

图 1-1 所示为单缸内燃机，它由汽缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 组成。当燃气推动活塞 4 做往复移动时，通过连杆 3 带动曲轴 2 做连续转动，使其燃气的热能转变为曲轴转动的机械能。

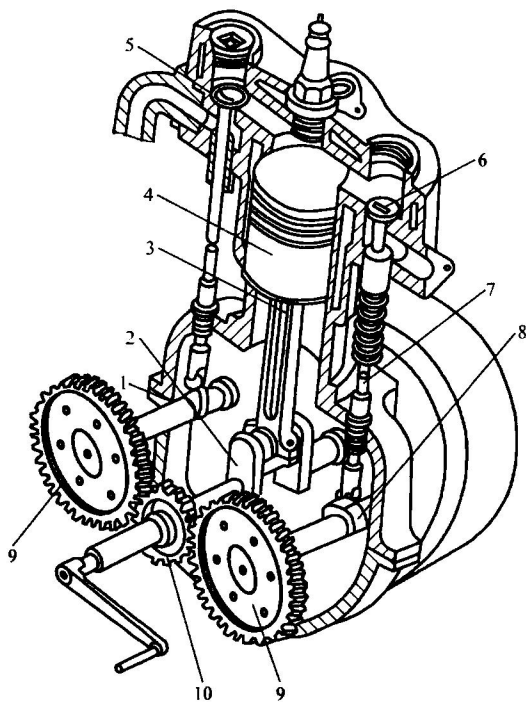


图 1-1 单缸内燃机

1—汽缸体；2—曲轴；3—连杆；4—活塞；5—进气阀；6—排气阀；
7—推杆；8—凸轮；9、10—齿轮

图 1-2 所示为颚式破碎机，它由机架 1、偏心轮 2、动颚板 3、肘板 4 及带轮 5 组成。机构运动由带轮输入，而带轮与偏心轮固连成一体，绕转动中心 A 转动，进而使动颚板产生平面运动，将物料打碎。

机器的种类繁多，如电动机、机床、汽车等。它们的结构形式和用途虽各不相同，但从其组成、运动和功能的角度看，却具有下列共同特征。

(1) 机器是人为的实物组合体。

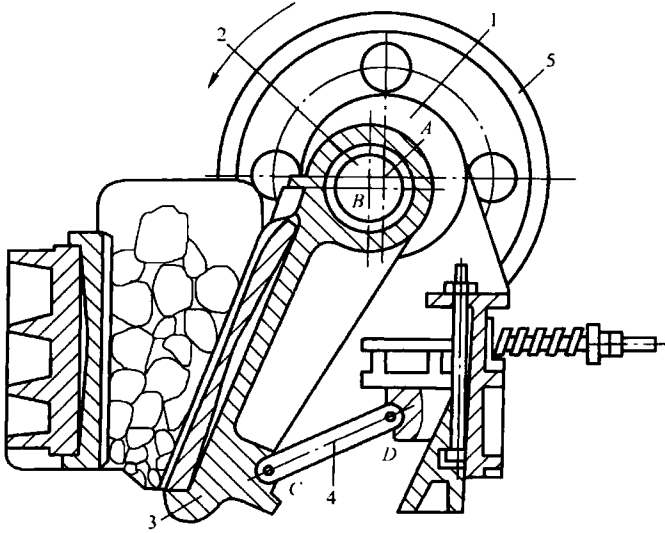


图 1-2 颚式破碎机

1—机架；2—偏心轮；3—动颚板；4—肘板；5—带轮

(2) 各部分形成运动的单元，各单元之间具有确定的相对运动。

(3) 能够完成有用机械功或传递、转换机械能，从而代替或减轻人类的劳动。

同时具有上述三个特征的实物组合体称为机器。仅具备前两个特征的实物组合体称为机构，机构只能实现运动的传递和运动形式的转换。例如，图 1-1 中齿轮 9、10 和机架组成的齿轮机构，实现了回转运动的传递；由凸轮、推杆和机架组成的凸轮机构，则将凸轮的转动变换为定杆的往复移动，实现了运动的转换。

机器与机构的主要区别是：机器能完成机械功或转换机械能，而机构只能传递运动或动力，改变运动形式。一部机器可以含有一个机构或多个机构。

从结构和运动的观点来看，机器和机构二者之间没有区别，因此，通常我们把机器和机构统称为机械。

二、构件和零件

组成机构的各种相对运动的实物称为构件。机械中不可拆卸的制造单元体称为零件，它是机器中最小的独立制造单元。构件可以是单一的零件，如内燃机的曲轴 2（见图 1-1）；也可以是多个零件的刚性组合体，如内燃机的连杆 3 由连杆体、螺栓、连杆盖和螺母组成（见图 1-1）。

由一组协同工作的零件组成的独立制造或独立装配的组合体，称为部件，如减速器、离合器等。零件与部件合称为零部件。零部件可以概括地分为两类：一类是各种机器中经常用到的零部件，称为通用零部件，如螺栓、齿轮、带轮、轴等零部件；另一类是特定类型机器中才能用到的零部件，称为专用零部件，如内燃机中的曲轴、连杆、起重机的吊钩等。

三、机器的组成

机器的功能需要多种机构配合才能完成。按照各部分实体的不同功能，一台完整的机器，通常由以下四个部分组成。

(1) 原动部分。原动部分也称动力装置，其作用是把其他形式的能量转变成机械能，以驱动机器各部分运动、工作。它是机器完成预定功能的动力源，常用的有电动机和内燃机。

(2) 执行部分。执行部分也称工作装置，是机器中直接完成具体工作任务的部分，例如汽车的车轮、缝纫机的机头等。

(3) 传动部分。传动部分也称传动装置，是原动机到工作装置之间的联系机构，用以完成运动和动力的传递和转换。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及运动形式等，从而满足工作装置的各种要求。传动部分在各种机器中占有重要地位，对机器的结构和外形都有重大影响。

(4) 操纵或控制部分。这部分的作用是显示和反映机器的运行位置和状态，控制机器正常运行和工作。控制装置可采用机械、电子、电气、光波等。

简单的机器一般由上述的前三个部分组成，如水泵、排风扇等。而现代新型的自动化机器，如数控机床、加工中心等，则由以上四部分组成，控制部分的地位越来越重要。

第二节 金属材料的性能

一、金属材料的力学性能

金属材料在加工和使用过程中所受到的作用力称为载荷（或称负载或负荷）。金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的抵抗性能。它包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等性能指标。

(一) 强度与塑性

1. 强度

强度是金属材料在载荷的作用下，抵抗变形和破坏的能力。抵抗能力越大，则强度越高；强度越高的材料越能承受较大的外力而不变形和破坏。金属材料的强度种类很多，如抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。通常所说的强度是指通过拉伸试验测定的材料在拉力作用下的强度，强度的主要指标有屈服强度（屈服点）和抗拉强度。

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。以普通低碳钢的拉伸试验为例，预先将退火状态的普通低碳钢制成一定尺寸和形状的圆形拉伸试样，如图 1-3 所示。试验时将试样放到试验机上，匀速缓慢地向试样两端施加静拉力，随着拉力的增加，试样不断伸长，直至拉断为止。在整个过程中把外加载荷与试样的相应变形量画成曲线，如图 1-4 所示。

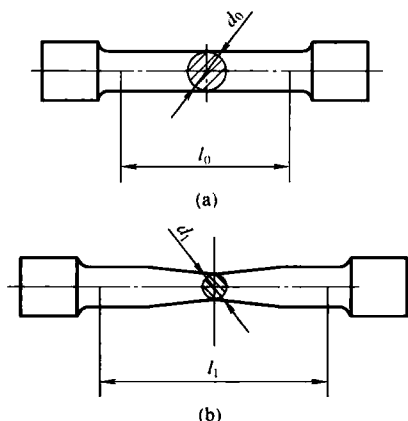


图 1-3 普通低碳素钢圆形拉压试样

(a) 拉伸前；(b) 拉伸后

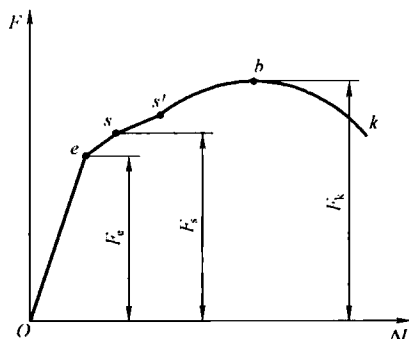


图 1-4 低碳钢的拉伸曲线

(1) 屈服强度(屈服点)。试样开始变形时,其变形量与外载荷成正比,这时如果卸除外载荷,试样便会恢复试验前的原有状态,这一阶段称为弹性变形阶段(O_e 段)。随着外载荷增大,试样进一步变形时,出现外载荷不增加而试样仍能继续伸长的现象,这一阶段称为屈服阶段(ss' 段)。此时若卸去外载荷,试样的部分变形不能消失,即试样不能恢复原来的状态,这种不能恢复的变形称为塑性变形。屈服强度是材料开始产生塑性变形的最低应力,用符号 σ_s 表示,单位为帕(Pa)或兆帕(MPa), $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 。它表示了材料抵抗微量变形的能力。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_s ——试样屈服时的拉伸力, N;

A_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

对不允许产生过量的塑性变形的机械零件,例如汽缸盖螺栓,则要求零件所受的工作应力要小于屈服强度。

(2) 抗拉强度。将试样上的外载荷继续增大,尽管外载荷增加不大,但试样变形量却很大。当载荷增大到一定程度后,试样某一部位的截面开始急剧减小,产生缩颈,其抵抗外载荷的能力下降,此时即使不增加外载荷,试样仍然会被拉断。抗拉强度是试样拉断前所能承受的最大应力,用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (\text{MPa})$$

式中 F_b ——试样拉断前承受的最大拉伸力, N。

抗拉强度是金属材料的重要指标。一般来说,零件在工作过程中所承受的工作应力,不允许超过抗拉强度。

2. 塑性

塑性是金属材料在外载荷作用下产生永久变形而不破坏的能力。衡量材料塑性好坏的指标是断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率。断后伸长率是指金属试样被拉断后标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比,用 δ 表示。

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

式中 l_0 ——试样的原始标距长度, mm;

l_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

(2) 断面收缩率。断面收缩率是指金属试样拉断处横截面积缩小量与原始横截面积的百分比,用 ψ 表示。

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 A_1 ——试样拉断处的最小横截面积, mm^2 。

δ 、 ψ 值越大,表示材料的塑性越好。材料的良好塑性,有利于金属的冲压成形加工。

(二) 硬度

硬度是指金属表面上局部体积内抵抗塑性变形和破坏的能力,是衡量材料软硬的一个指标,它是材料塑性、强度等性能的综合表征。硬度试验条件既简便又不破坏零件,所以可通

过硬度试验来检验零件质量。广泛应用的硬度试验有布氏硬度 (HB) 试验和洛氏硬度 (HR) 试验两种。

1. 布氏硬度 (HB)

图 1-5 所示为布氏硬度测试原理图。布氏硬度试验是把一定直径的淬火钢球或硬质合金球压入被测材料表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测量被测材料的表面压痕直径 d 和压痕球面积 A , 计算平均压力 F/A 的大小作为布氏硬度指标。布氏硬度指标用符号 HBS (淬火钢球) 或 HBW (硬质合金球) 表示。

布氏硬度不能测试很硬 ($HBS \geq 450$)、很薄及表面质量要求很高的工件。

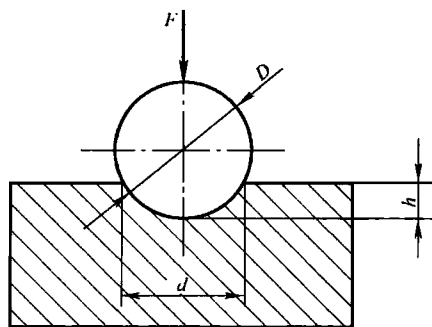


图 1-5 布氏硬度试验原理图

2. 洛氏硬度 (HR)

洛氏硬度试验和布氏硬度试验同样采用压入法测定硬度。两者的区别是洛氏硬度试验是以一个 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588mm (1/16in) 的钢球作为压头, 施加相应载荷, 使压头压入试件表面, 测定金属材料压痕的深度, 以压痕深度表示硬度值, 如图 1-6 所示。测量洛氏硬度从软到硬常用的标尺有 A、B、C 三种, 其中 HRC 应用最广。

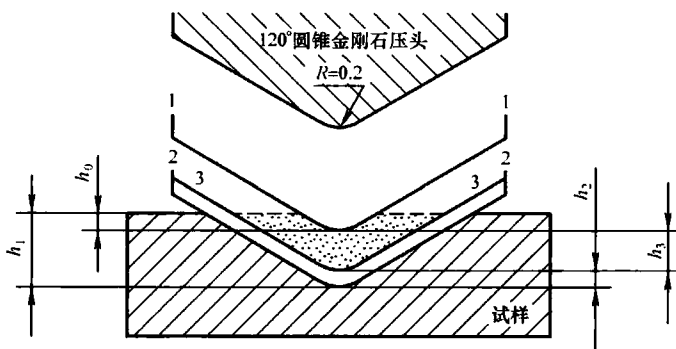


图 1-6 洛氏硬度试验原理图

洛氏硬度试验可以直接从刻度盘上读取硬度值, 压痕小, 可测定成品及较薄的工件。但洛氏硬度测试由于压痕小, 测量值不够精确, 所以, 同一试样应测三点以上, 取其平均值。

布氏硬度与洛氏硬度由于试验条件不同, 因而两种硬度没有换算关系。为了比较, 可查阅各种硬度对照表。

(三) 韧性

金属材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力, 称为韧性。韧性用冲击韧度或冲击吸收功表示。冲击吸收功是试样在冲击试验力作用下折断时所吸收的功, 用 A_{KU} (U 形断口) 和 A_{KV} (V 形断口) 表示。冲击韧度是指冲击试样断口处单位面积上的冲击吸收功, 常用 a_{KU} 、 a_{KV} 表示。冲击韧度或冲击吸收功数值越高, 材料的韧性越好, 抗冲击破坏的能力越强。

(四) 疲劳强度

金属材料在无限多次交变应力 (随时间做周期性变化的应力) 作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。金属材料不可能承受无限多次交变载荷, 所以一般实验规定,

钢在经受 10^7 次、有色金属经受 10^8 次交变载荷作用时不产生破坏的最大应力称为疲劳强度。当施加的交变应力是对称循环时, 疲劳强度用 σ_{-1} 表示; 为脉动循环时, 疲劳强度用 σ_0 表示。

疲劳破坏与静载荷作用下的破坏不同。疲劳破坏是金属材料在经过多次交变应力作用后, 在金属表面将产生微小裂纹, 随着裂纹的扩展, 金属材料会发生表面脱落或突然断裂。由于疲劳断裂是突然发生的, 具有很大的危险性, 所以受交变应力的机械零件 (如齿轮、轴等) 要选择疲劳强度较好的材料来制造。

二、其他性能

(一) 物理性能

金属材料的物理性能是指金属材料固有的属性。

1. 密度

金属材料的密度是指单位体积金属的质量。不同金属的密度是不同的, 在体积一定时, 金属的密度越大, 其质量也就越大。

根据密度的大小, 金属材料可分为轻金属和重金属。如要制造质量轻、惯性小的零件, 均采用密度小的轻金属 (如铝制合金) 制造。

2. 熔点

熔点是金属或合金材料从固态向液态转变时的温度。各种金属材料都有其固定的熔点。

熔点对于冶炼、铸造、焊接和配制合金等都十分重要。熔点高的金属及合金材料可以用来制造要求耐高温的零件 (如火箭、导弹、燃气轮机等), 熔点低的金属可用来制造熔断器和防火安全阀等零件。

3. 导热性

金属传导热量的能力称为导热性。一般用导热率 (或导热系数) 表示金属材料导热性能的大小。金属材料的导热率越大, 金属的导热性越好。一般情况下, 金属材料的导热性比非金属材料好; 金属材料的纯度越高, 其导热能力就越大。

导热性好的材料其散热性也好, 可用来制造散热器、热交换器与活塞等零件。

4. 导电性

金属传导电流的性能称为导电性。所有金属材料都具有导电性, 但各种金属材料的导电性各不相同, 纯金属的导电性比合金好。例如, 工业上用纯铝、纯铜作导电材料, 而用铜合金、铝合金材料作电热元件。

5. 热膨胀性

金属在受热时体积会膨胀, 冷却时体积会收缩, 金属材料的这一特性称为热膨胀性。

在实际工作中有时必须考虑热膨胀的影响, 如铺设铁轨、架设桥梁等都要考虑热膨胀的因素。

6. 磁性

金属在磁场中被磁化而呈现磁性强弱的能力称为磁性。金属材料分为铁磁性材料 (在磁场中能被强烈磁化的材料, 如铁、镍、钴等)、顺磁性材料 (在磁场中呈现微弱磁性的材料, 如锰、钼等)、抗磁性材料 (能抗拒或减弱外加磁场磁化作用的金属材料, 如铜、金、银等)。

铁磁性材料可用于变压器、测量仪表等制造业, 抗磁性材料可用做要求避免磁场干扰的零件和结构材料。

（二）化学性能

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀破坏的能力，称为耐腐蚀性。腐蚀对金属材料危害很大，每年都有大量的钢铁被锈蚀。对在腐蚀性介质中工作的零件，必须考虑金属材料的耐腐蚀性。

2. 抗氧化性

金属在加热时抵抗氧化作用的能力，称为抗氧化性。金属的氧化随温度的升高而加速，氧化会造成材料的损耗和各种缺陷。因此，在加热毛坯件或材料时，常在其周围制造一种还原气体或保护气体，以避免金属材料的氧化。

（三）工艺性能

1. 铸造性

金属材料在铸造成形过程中获得外形准确、内部健全铸件的能力，称为铸造性能，又称可铸性。铸造性能主要取决于金属材料熔化后金属液体的流动性、冷却时的收缩率等。不同金属的铸造性能差别较大。常用金属材料中，灰铸铁具有优良的铸造性能，铸钢的铸造性能低于铸铁，铸造铝合金和铸造铜合金的铸造性也较好。

2. 锻压性

金属材料利用锻压加工方法成形的难易程度，称为锻压性或可锻性。锻压性与材料的塑性及变形抗力有关。材料塑性好，变形抗力小，金属的锻压性也好，低碳钢的锻压性较好，而铸钢、铸铁、铸铝等几乎不能锻造。

3. 焊接性

金属材料在一定焊接条件下，获得优良焊接接头的难易程度，称为焊接性或可焊性。焊接性能好的材料焊接时能获得没有裂纹、气孔等缺陷的焊缝，而且焊接接头具有一定的力学性能。低碳钢有较好的可焊性，高碳钢的焊接性较差，铸铁的焊接性则更差。

4. 切削加工性能

金属在切削加工时的难易程度称为切削加工性能。切削加工性能好的金属对使用的刀具磨损小，加工时可用较大的切削量，加工出的表面精度高。金属硬度在 170~260HBS 时，最容易切削加工。

第三节 摩擦和磨损

机械零件由于某种原因丧失正常的工作能力称为失效。对于通用机械零件，其强度、刚度、磨损失效是主要失效形式。

摩擦和磨损是自然界和社会生活中普遍存在的现象。有时人们利用它们有利的一面，例如车辆行驶、摩擦轮传动和摩擦制动等是利用摩擦作用；精加工中的磨削、抛光等是利用磨损作用。但摩擦的存在造成了机器的磨损、发热和能量的损耗。据估计，目前世界上约有 30%~50% 的能量消耗在各种形式的摩擦中，约有 80% 的机器是因为零件磨损而失效。因此，零件的磨损是决定机器使用寿命的主要因素。

一、摩擦

按两物体之间的运动情况摩擦可分为滑动摩擦和滚动摩擦。当两物体接触处有相对滑动

或相对滑动趋势,在接触处的公切面内将受到一定的阻力阻碍其相对滑动,这种现象称为滑动摩擦,如活塞在汽缸中的滑动。当两物体接触处有相对滚动或相对滚动趋势,物体间产生相对的阻碍称为滚动摩擦,如车轮在地面上的滚动。

按接触表面间润滑的情况,摩擦可分为以下三种。

(1) 干摩擦。两摩擦表面直接接触,其间不加入任何润滑剂时产生的摩擦。其摩擦因数约为 $0.1 \sim 1.5$, 磨损和发热严重。在机械零件接触中不允许出现干摩擦。

(2) 边界摩擦。两摩擦表面间注入少量的润滑油后,便形成一层极薄的润滑油膜,油膜不能将两接触表面完全隔开。其摩擦因数约为 $0.05 \sim 0.20$, 故能减小摩擦磨损。

(3) 液体摩擦。两摩擦表面完全被润滑油膜隔开,此时其摩擦因数约为 $0.001 \sim 0.01$, 摩擦阻力很小,无磨损,是最理想的摩擦状态。

二、磨损

摩擦将导致零件接触表面材料的逐渐丧失或转移,即形成磨损。磨损会影响机器的效率,降低工作的可靠性,甚至促使机器提前报废。

1. 磨损过程

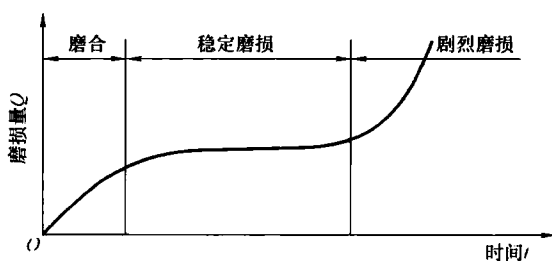


图 1-7 磨损过程

如图 1-7 所示,一个机件的磨损过程大致可分为三个阶段。

(1) 磨合阶段。在运转初期,零件的接触面积较小,单位面积上的实际载荷较大,因此磨损速度较快,且磨损面不断变化,此阶段为磨合阶段。但随着磨合的进行,实际接触面积不断增大,磨损速度在达到某一定值后,即转入稳定磨损阶段。

(2) 稳定磨损阶段。这个阶段内,由于接触面积不断增大,单位面积上的实际载荷减小,零件以平稳缓慢的速度磨损,标志着摩擦条件保持恒定不变。这个阶段时间的长短代表着零件使用的寿命。

(3) 剧烈磨损阶段。经过稳定磨损阶段后,零件接触表面的间隙增大,将引起额外的动载荷,出现噪声和振动,最终导致失效。此时必须停机更换零件。

2. 磨损的类型

磨损大体上有两种分类方法:一种是根据磨损结果着重对磨损表面外观的描述,如点蚀磨损、胶合磨损、擦伤磨损等;另一种则是根据磨损机理分类,如黏着磨损、磨料磨损、疲劳磨损、冲蚀磨损及腐蚀磨损。下面按后一种分类法对各种磨损的机理及影响因素作简要介绍。

(1) 黏着磨损。当磨损表面的不平度峰尖接触时,相互作用的载荷会使接触的各点发生“冷焊”,在相对滑动时,材料从一个表面转移到另一个表面,便形成了黏着磨损。这种被转移的材料,有时也会再附着到原先的表面上而出现逆转移,有时则脱离所黏附的表面而成为游离颗粒。这种磨损是零件之间最普通的一种磨损形式。

影响黏着磨损的主要因素是:同类材料比异类材料容易黏着;塑性好的材料比塑性差的材料容易黏着;在一定范围内,零件的表面加工精度越高,抗黏着能力越强。

(2) 磨料磨损。磨料磨损是指在摩擦表面间存有一些游离颗粒,这些游离颗粒将加剧磨

损。游离颗粒一般为空气中的尘土、黏着磨损造成的金属颗粒或硬材料的不平度峰尖在较软材料的表面上犁削出许多沟纹。被移去的材料一部分流动到沟纹的两旁，一部分则形成一连串的碎片脱落下来形成新的游离颗粒。

影响磨料磨损的主要因素：材料的硬度越高，耐磨性越好；磨粒平均尺寸越大，磨损就越严重；磨损量随磨料硬度的增高而加大。

(3) 疲劳磨损。当零件表面受到交变应力（如滚动轴承或齿轮传动）作用时，如果应力循环次数超过材料的接触疲劳强度极限，就会在零件工作表面形成裂纹，随着裂纹的扩展与相互连接，就造成许多金属微粒从零件工作表面上脱落下来，致使表面出现许多浅坑，称为疲劳磨损，也称疲劳点蚀或简称点蚀。

影响疲劳磨损的主要因素有：钢的表面硬度越高，产生疲劳裂纹的危险性越小；提高表面质量，对零件的疲劳寿命有显著的改善；润滑油的黏度高时较为有利于提高抗疲劳能力，若润滑油的黏度过低，则易于被挤入疲劳裂纹中，在被封闭的裂缝中受到高压而促进疲劳裂纹的扩展。

(4) 冲蚀磨损。当一束含有硬质微粒的流体冲击到固体表面上，由于有摩擦的存在，固体表面受到硬质微粒冲击且反复作用就会造成固体表层的疲劳破坏，称为冲蚀磨损。例如利用高压空气输送型砂或高压水输送矿石的管道所产生的磨损。

影响冲蚀磨损的因素有：磨粒与固体表面的摩擦因数、磨粒的冲击速度以及磨粒冲击速度方向与固体表面所夹的冲击角。

(5) 腐蚀磨损。摩擦表面受到空气中的氧、水蒸气或润滑油、燃油中残存的少量无机盐（如硫酸）的化学作用，在相对运动中造成材料的损失，叫腐蚀磨损。腐蚀磨损也可以在没有任何摩擦的条件下形成。

影响腐蚀磨损的主要因素有：零件表面氧化膜性质和环境温度。

在实际中，多数的磨损都是以上述五种基本磨损形式的复合形式出现的。

思考题与习题

- 1-1 机器与机构有何区别？
- 1-2 试述机器的组成及各部分的功能。
- 1-3 什么是金属材料的力学性能？
- 1-4 什么是材料的强度、塑性、冲击韧度及疲劳强度？它们分别用什么符号表示？
- 1-5 什么是硬度？测试硬度的方法有哪些？其硬度值如何表示？
- 1-6 什么是疲劳破坏？
- 1-7 金属材料的工艺性能包括哪些？
- 1-8 何谓摩擦？摩擦有哪些类型？
- 1-9 磨损有哪几种类型？

第二章 机械工程材料

机械工程领域中使用的材料统称为机械工程材料。现代材料的种类繁多,在机械工程上常用的材料有钢铁材料、有色金属材料和非金属材料。各种材料的性能不同,用途也不同。因此,为了正确的选择和使用材料,必须掌握和了解材料的性能、分类、牌号、应用范围及热处理等知识。

第一节 钢的热处理

钢的热处理是将钢在固态下通过加热、保温和冷却,来改变钢的内部组织结构,从而获得所需性能的工艺方法。通过热处理可以充分发挥材料的潜力、改善加工性能、节约金属材料等。

一、铁碳合金简介

纯金属虽具有较高的导电性和导热性,但由于其力学性能较低,不能满足使用性能的要求,且冶炼困难、价格较高。工业上广泛使用的金属材料主要是合金。合金是指由两种或两种以上的金属元素或合金与非金属元素组成的金属材料。

铁碳合金就是以铁和碳为主要元素的合金。铁碳合金在室温下的平衡组织皆由铁素体和渗碳体两相所组成。其中,铁素体的溶碳量很小,其性能近似于纯铁,强度和硬度低,而塑性和韧性好。渗碳体是铁与碳的稳定化合物,常温下碳在铁碳合金中以渗碳体的形式存在。渗碳体的硬度很高,但脆性大、塑性差,伸长率接近于零。渗碳体在钢中起强化作用,它的形状、大小和分布对钢的性能有很大影响。当碳的质量分数为零时,合金由100%的铁素体组成。随着碳质量分数的增加,铁素体的含量呈直线下降,直到碳的质量分数 $w_c=6.69\%$ 时降低到零;与此相反,渗碳体的含量则由零增至100%。

正是由于铁碳合金中铁素体和渗碳体的数量、形态、分布不同,导致它们具有不同的性能。

铁碳合金按碳的质量分数(碳含量)分为三大类:工业纯铁($w_c<0.0218\%$)、钢($w_c<0.0218\%\sim 2.11\%$)和铸铁($w_c=2.11\%\sim 6.69\%$)。

二、钢的普通热处理

热处理是机器零件及工具制造过程中的重要工序,根据加热温度和冷却方法的不同,可使金属材料的力学性能满足使用或加工的要求,提高工件的使用性能和使用寿命、改善工件的加工工艺性能。

工业生产中常用的热处理工艺可分为普通热处理和表面热处理。

普通热处理:退火、正火、淬火、回火。

表面热处理:表面淬火、化学热处理。

(一) 退火和正火

退火和正火多用于预备热处理,安排在切削加工之前,为后续工序作准备。对不重要的

加工件，也可作为最终热处理（钢件得到要求使用性能的热处理）。

1. 退火

将钢加热到适当温度，保温一定时间，然后随炉缓慢冷却的热处理工艺方法称为退火。

退火的目的：降低硬度，以利于切削加工；提高塑性和韧性，以利于冷变形加工；消除组织缺陷（成分不均），消除钢中的残余内应力，防止变形和开裂。

2. 正火

将钢加热到适当温度，保温一段时间后出炉在空气中冷却的热处理工艺方法称为正火。

正火的目的：用于低碳钢，可提高硬度，改善切削加工性；用于中碳钢和性能要求不高的零件，可作为最终热处理。

正火与退火相比，钢在正火后的强度、硬度高于退火，而且操作简便、生产周期短、成本低，在可能的条件下宜用正火代替退火。

（二）淬火与回火

1. 淬火

将钢加热到适当温度，保温一定时间，然后快速冷却的热处理工艺方法称为淬火。最常见的冷却方法有水（盐水、碱水）冷、油冷等。淬火的目的是提高钢的硬度、强度和耐磨性。钢在淬火后，必须配以适当的回火，才能获得所需的力学性能。淬火加回火是强化钢件的重要热处理工艺。

淬火工艺有两个概念应加以重视和区别，它们是淬硬性和淬透性。淬硬性是指钢经淬火后能达到的最高硬度，淬硬性取决于钢中的含碳量，含碳量越高，获得的硬度越高；淬透性是指钢经淬火后获得硬层深度的能力，淬透性越好，淬硬层越厚。淬透性取决于钢的化学成分和淬火冷却方式。一般来说，含碳量相同的碳素钢与合金钢的淬硬性没有差别，而合金钢的淬透性高于碳素钢。

2. 回火

将淬火后的钢件重新加热到某一温度，保温一定时间，然后空冷到室温的热处理工艺方法称为回火。淬火后必须及时回火。回火的目的是减少或消除工件淬火时产生的内应力，稳定组织和尺寸，以满足使用要求。淬火后的钢件根据其力学性能的要求，配以不同温度的回火。按回火温度范围，可分为低温、中温 and 高温回火。

（1）低温回火。低温回火主要减小淬火内应力和脆性，提高韧性，但基本保持淬硬钢的高硬度。主要用于各种工具、滚动轴承等要求高硬度、高耐磨性的工件。

（2）中温回火。中温回火主要使工件获得高的弹性，足够的韧性和较高的强度。中温回火主要用于各种弹性零件、热锻模具、要求高强度的轴、轴套、刀杆等。

（3）高温回火。高温回火主要是为了获得既有较高强度和硬度，又有较好韧性和塑性的综合力学性能。生产中，把淬火和高温回火相结合的热处理工艺称为调质处理，简称调质。

调质处理主要用于各种重要零件和一些受力较复杂或在交变载荷作用下工作的零件，如连杆、齿轮及轴等。

三、钢的表面热处理

机械工程上许多零件在冲击载荷和摩擦条件下工作，这就要求其表面具有高的硬度和耐磨性，而心部应具有足够的塑性和韧性。这一工作表面和心部不同的性能要求，只有表面热