



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械基础

(近机类)

主编 倪森寿



高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

中等职业教育国家规划教材

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

本书是根据教育部《中等职业学校教学计划》和《中等职业学校机械专业教学大纲》的要求，参照《中等职业学校机械专业教学大纲》和《中等职业学校机械专业教学大纲》编写的。

机械基础

（近机类）

主编 倪森寿

（近机类）

2005.7

ISBN 7-04-009250-2

ISBN 7-04-009250-2

主 编 倪森寿

责任主审 张 策

审 稿 孟彩芳 曹玉平 潘凤章

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材,是根据 2000 年 8 月教育部颁发的《中等职业学校机械基础教学大纲(试行)》编写的。

主要内容包括机械基础概述、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮传动、轮系和减速器、带传动和链传动、轴承、轴、联接、液压传动等。本教材较少地涉及计算,注重加强零件应用、安装和固定方法的内容,介绍机构应用实例,增加实训指导、创新意识培养等内容,以培养学生解决生产实际问题的能力。

本书可作为中等职业学校工程技术类相关专业的教材,也可作为有关技术人员、管理人员和技术工人的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/倪森寿主编. —北京:高等教育出版社,
2002.7

中等职业学校近机类专业教材

ISBN 7-04-009920-9

I.机... II.倪... III.机械学—专业学校—教材
IV.TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037723 号

责任编辑 沈 忠 封面设计 王 睢 责任绘图 朱 静

版式设计 马静如 责任校对 存 怡 责任印制 宋克学

机械基础

倪森寿 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 15.5

字 数 370 000

版 次 2002 年 7 月第 1 版

印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷

定 价 18.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

章 节	内 容	学 时
第 1 章	机械基础概述	10
第 2 章	工程材料	10
第 3 章	静力学	10
第 4 章	材料力学	10
第 5 章	平面机构	10
第 6 章	机械零件	10
第 7 章	液压传动	10

前 言

本书是根据 2000 年 8 月教育部颁发的《中等职业学校机械基础教学大纲(试行)》编写的中等职业教育国家规划教材。

根据教学大纲提出的“培养学生掌握机械技术的基本知识和基本技能,初步具有分析机械功能和动作及使用一般机械的能力,为今后解决生产实际问题及学习新的科学技术打下基础”的要求,本教材编写时,注意以下几个方面:

(1) 本教材是包括工程材料、静力学、材料力学、平面机构、机械零件、液压传动等不同学科的综合性课程教材。为更有利于学生“掌握机械技术的基本知识和基本技能,初步具有分析机械功能和动作及使用一般机械能力”的岗位能力要求,本教材不再按原各门课程体系分门别类的编写,而遵循“以岗位能力培养为目标确立课程主线,以主线为纲,有机融合各相关课程内容”的原则,以“常用机构的分析和通用零件的正确选用”作为本课程的主线,把工程材料、静力学、材料力学、平面机构、机械零件等内容针对岗位能力、围绕课程主线有机融合,使基础理论知识与实际应用相结合。

(2) 本教材注重课程的实用性。因此教材较少地涉及理论推导和减少繁琐的计算,以较大的篇幅和较多的插图介绍机构应用实例和通用零件的正确使用、安装、润滑和维护,增加实训指导、创新意识的培养,以提高学生“今后解决生产实际问题”的能力。

(3) 本教材在融合有关课程内容的同时,把最基础的理论知识集中在第一章“机械基础概述”中,使学生既具有较强的实际应用能力,又具有一定的基础理论。为学生以后“学习新的科学技术打下基础”。

通过本课程的学习,应达到以下基本要求:

(1) 通过对常用机构工作原理、特点和应用场合的学习,初步具有分析一般机械功能和动作的能力。

(2) 通过对通用零件的工作原理、特点、结构及标准的学习,应初步具有使用和维护一般机械的能力。

(3) 通过对机构和零件受力分析等的学习,应掌握一般构件的受力分析、构件基本变形和强度计算的方法。

(4) 通过对常用工程材料和钢的热处理方法的学习,应了解常用工程材料的种类、牌号、性能及应用。

(5) 通过对液压传动基本知识的学习,应熟悉液压传动工作原理、特点及应用。

(6) 通过本课程的学习,还应了解本课程相关的技术政策和法规,树立工程意识和牢固的标准化意识,具有严谨的工作作风和创新精神。

课时分配建议表：

章节	内容	学时数
第1章	机械基础概述	8
第2章	平面连杆机构	12
第3章	凸轮机构	2
第4章	间歇运动机构	1
第5章	齿轮传动	6
第6章	轮系和减速器	4
第7章	带传动和链传动	2
第8章	轴承	5
第9章	轴	8
第10章	联接	6
第11章	液压传动	12

为兼顾3、4年学制不同的教学要求,对书中带*章节的内容4年学制的可根据实际情况选讲,3年学制的可根据实际情况选讲或不讲。

本教材第2章、第9章由无锡职业技术学院倪森寿编写;第1章、第8章由无锡市广播电视大学马纲编写;第4章、第5章、第6章由苏州高级工业学校曹建东编写;第3章、第7章、第10章由盐城市中等专业学校李立尧编写;第11章由无锡市职教中心校陈惕洪编写。全书由倪森寿任主编,马纲任副主编。

本教材由无锡江南大学黄骥洪审阅。在编写过程中得到了兄弟学校和各级领导的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由天津大学张策教授担任责任主审,天津大学孟彩芳教授、曹玉平教授、潘凤章副教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2001年4月

目 录

第 1 章 机械基础概述	1	§ 4-2 槽轮机构	80
§ 1-1 机器和机构	1	习题	81
§ 1-2 材料的力学性能和工艺性能	3	第 5 章 齿轮传动	82
§ 1-3 钢的热处理	8	§ 5-1 齿轮传动的特点和分类	82
§ 1-4 常用工程材料	12	§ 5-2 直齿圆柱齿轮的主要参数及 几何尺寸	84
§ 1-5 静力学基础	22	§ 5-3 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合 特点	86
§ 1-6 载荷和应力的分类	26	§ 5-4 齿轮失效形式和齿轮材料	87
§ 1-7 机械零件的主要失效形式及 工作能力准则	27	* § 5-5 标准直齿圆柱齿轮传动强度 计算	92
习题	29	§ 5-6 齿轮传动机构的装配	98
第 2 章 平面连杆机构	31	* § 5-7 斜齿圆柱齿轮传动	100
§ 2-1 平面机构运动简图	31	* § 5-8 直齿锥齿轮传动	102
§ 2-2 平面四杆机构	37	§ 5-9 蜗杆传动	104
* § 2-3 平面四杆机构结构尺寸的 确定	44	习题	111
§ 2-4 机构运动副的约束反力 及构件受力图	45	第 6 章 轮系和减速器	113
§ 2-5 机构运动副和构件受力计算 ——平面力系平衡条件	49	§ 6-1 概述	113
§ 2-6 平面机构中拉压构件的强度和 变形计算	56	§ 6-2 定轴轮系传动比计算	114
习题	63	§ 6-3 周转轮系传动比计算	115
第 3 章 凸轮机构	68	§ 6-4 减速器	117
§ 3-1 概述	68	习题	120
* § 3-2 常用从动件的运动规律	70	第 7 章 带传动和链传动	121
* § 3-3 尖顶对心移动从动件盘状凸轮 轮廓曲线的确定	72	§ 7-1 带传动的类型和特点	121
§ 3-4 凸轮机构的结构、材料及热 处理	74	§ 7-2 普通 V 带、V 带轮的结构及 标准	122
习题	76	§ 7-3 带传动的工作情况分析	125
第 4 章 间歇运动机构	77	§ 7-4 普通 V 带传动的张紧、安装 和维护	126
§ 4-1 棘轮机构	77	§ 7-5 链传动的类型和特点	128
		§ 7-6 链传动的布置、润滑和 维护	130

习题	132
第 8 章 轴承	133
§ 8-1 轴承的功用和类型	133
§ 8-2 滑动轴承	134
§ 8-3 滚动轴承	138
§ 8-4 轴承的润滑与密封	149
习题	152
第 9 章 轴	153
§ 9-1 概述	153
§ 9-2 传动轴的强度和刚度——构件的扭转问题	155
§ 9-3 心轴的强度和刚度——构件的弯曲问题	163
§ 9-4 转轴的强度——构件的弯扭组合问题	172
§ 9-5 轴结构尺寸的确定	174
习题	178
第 10 章 联接	181

§ 10-1 螺纹联接	181
§ 10-2 键联接和销联接	189
§ 10-3 联轴器和离合器	196
习题	201
第 11 章 液压传动	202
§ 11-1 液压传动的工作原理和组成	202
§ 11-2 液压油	204
§ 11-3 液压传动中的两个重要参数	204
§ 11-4 液压泵和液压马达	207
§ 11-5 液压缸	212
§ 11-6 液压控制阀	215
§ 11-7 液压辅件	223
§ 11-8 液压基本回路	225
§ 11-9 液压传动系统应用实例	231
习题	233
参考文献	236

第1章 机械基础概述

§ 1-1 机器和机构

一、机器及其特性

1. 机器的含义

任何机器都是为实现某种功能而设计制作的,它是人类在长期生产实践中创造出来的重要工具,利用机器可以减轻人类的劳动,大大提高生产率和产品质量,创造出更多的物质财富。

随着科学技术的发展,“机器”一词的含义已有所改变。对于现代机器,则可定义为:“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,以代替或减轻人的体力和脑力劳动”。

根据用途的不同,现代机器可分为动力机器(电动机、内燃机、水轮机等)、加工机器(金属切削机床、轧钢机、交通运输机械等)、信息机器(机械积分仪、打印机、记账机等)。

2. 机器的组成

机器的种类繁多,其结构和用途各不相同。一部完整的机器可归纳成由四大部分组成:

(1) 原动机部分 它是驱动整台机器完成预定功能的动力部分,其作用是把其他形式的能量转换为机械能,以驱动机器各部件。例如图 1-1 所示颞式破碎机中的电动机,图 1-2 所示工业机器人中的 5 个电动机。常见的动力源还有内燃机、蒸汽机和其他形式的各种原动机。

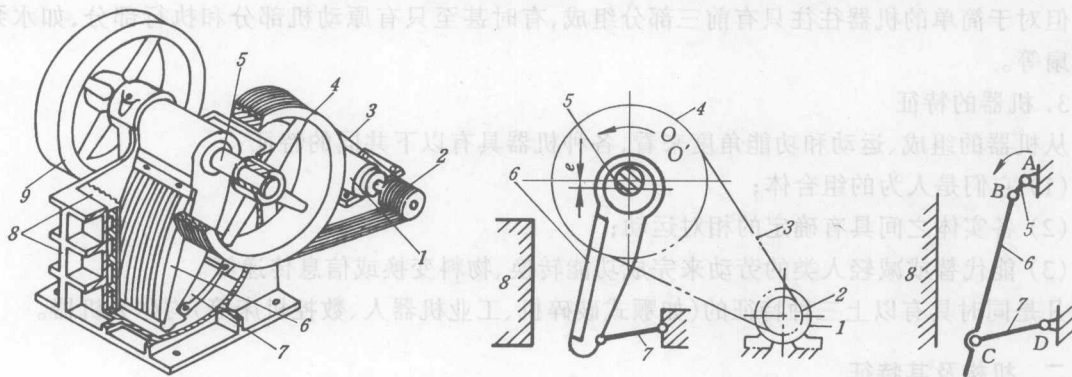


图 1-1 颞式破碎机

1—电动机;2—带轮;3—V带;4—带轮;5—偏心轴;6—动颞(板);7—肘板;8—定颞板;9—飞轮

(2) 执行部分 它是机器中直接完成工作任务的组成部分。如颞式破碎机的颞头(定颞板、动颞板)、数控机床的刀架、工业机器人的手臂等。其运动形式依据用途的要求,可能是直线运动,也可能是回转运动或间歇运动等。

(3) 传动部分 它是将原动机的运动和动力传递给执行部分的中间环节。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式等,从而满足执行部分的各种要求。图 1-1 颚式破碎机中 V 带传动(带轮、V 带),图 1-2 中的谐波减速器、滚珠丝杠副等,都是机器中典型的传动部分。

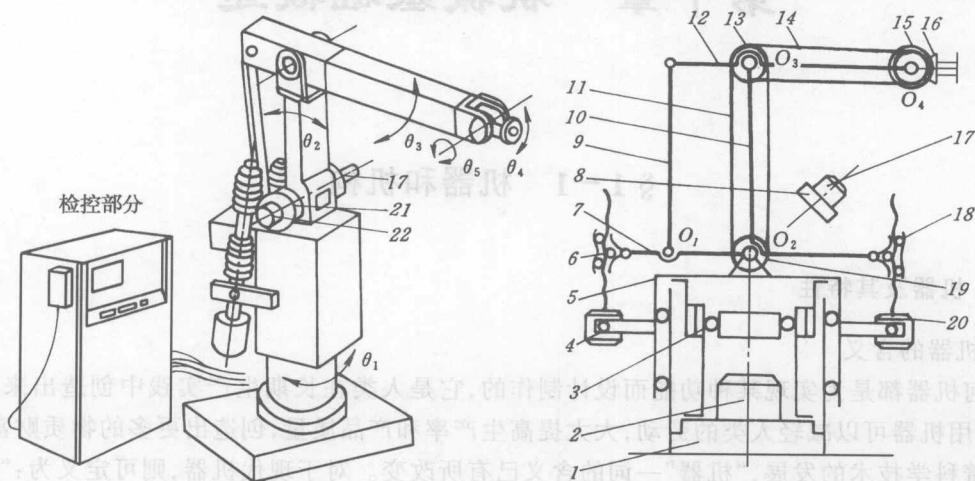


图 1-2 五自由度关节型工业机器人

1—机座;2、4、17、20、22—驱动电动机;3、8、21—谐波减速器;5—机身;6、18—滚珠丝杠副;7—连杆;9、10、12—手臂连杆;11、14—链条(共四条);13、15、19—链轮(共八个);16—锥齿轮传动

(4) 检控部分 它包括检测部分和控制部分,其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。如图 1-2 所示的工业机器人,检测部分的作用是检测工业机器人执行机构运动位置和状态,并将信息反馈给控制部分,而控制部分是工业机器人的指挥系统,它控制机器人按规定的程序运动,完成预定的动作。随着机电工业的高速发展,检控部分在机电一体化产品(加工中心、数控机床、工业机器人)中的地位越来越重要。

但对于简单的机器往往只有前三部分组成,有时甚至只有原动机部分和执行部分,如水泵、排风扇等。

3. 机器的特征

从机器的组成、运动和功能角度来看,各种机器具有以下共同的特征:

- (1) 它们是人为的组合物;
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动;
- (3) 能代替或减轻人类的劳动来完成功能转换、物料变换或信息传递等。

凡是同时具有以上三种特征的(如颚式破碎机、工业机器人、数控机床等)均称为机器。

二、机构及其特征

如果仅有上述三个特征中前两个特征的组合物,则称为机构。因此机构只是完成传递运动、力或改变运动形式的实体组合。机构是机器的主要组成要素。一台机器可以只有一种机构(如颚式破碎机只有一个曲柄摇杆机构),也可以由数种机构组成,如工业机器人等。

对于机构,其含义也随着科学技术的发展而有所变化。以前认为机构只能由刚体所组成,现在这一观点已由液体和气体可参与运动的变换而改变。如果机构中除刚体外,液体或气体也参

与运动的变换,则该机构相应称为液压机构或气动机构。
在工程上,通常以“机械”作为机器和机构的总称。

三、构件和零件

组成机械的各个相对运动的实体称为构件。构件可以是单一的零件,如图 1-3 所示颞式破碎机的偏心轴;也可由多个零件刚性连接而成,如图 1-4 所示颞式破碎机的动颞就是由动体、动颞板用压板和螺钉等零件固定在一起的具有同一运动的刚性实体。因此构件和零件的区别为:构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

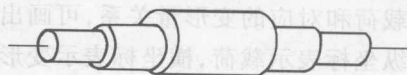


图 1-3 偏心轴

机械零件又可分为通用零件和专用零件两大类。通用零件是指各种机器常用到的零件,如螺钉、螺母、齿轮、弹簧等;专用零件是指某种机器才用到的零件,如电动机中的转子,内燃机中的曲轴、活塞等。

此外,机械中把为完成同一使命、彼此协同工作的一组零件的组合物称为部件,如发动机、减速器、联轴器等。

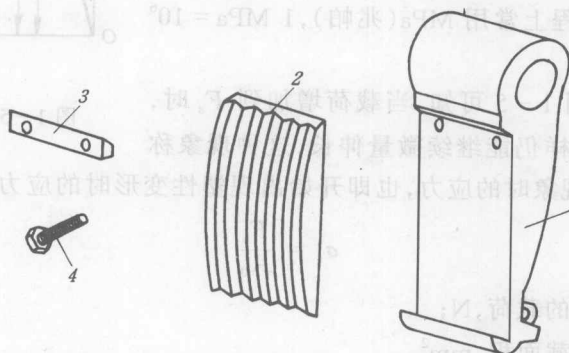


图 1-4 颞式破碎机的动颞

1—动体;2—动颞板;3—压板;4—螺钉

§ 1-2 材料的力学性能和工艺性能

材料是人类社会发展的重要物质基础,是现代科学技术和生产发展的重要支柱之一。众多的工程材料之所以获得广泛的应用,是因为它们具备许多优异的性能。这些性能可分为两类:一类是使用性能,反映材料在使用过程中所表现出来的特性,如力学性能(强度、硬度、塑性、韧性等)、物理性能(导电性、导热性、热膨胀性和磁性等)和化学性能(抗氧化性、耐腐蚀性)等;另一类是工艺性能,反映材料在加工制造过程中所表现出来的特性,如铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。

一、金属材料的力学性能

任何一台机器都是由零件、部件所组成的,而零件在使用时都承受外力的作用。材料在外力作用下所表现出来的特性叫力学性能。它的主要指标是强度、塑性、硬度和疲劳强度等。上述指

标既是选材的重要依据,又是控制、检验材料质量的重要参数。

材料受外力作用时,会引起尺寸与形状的改变,这种外力叫载荷(或称负荷),尺寸和形状的改变叫变形。载荷与变形的关系可用试验的方法测定。

拉伸试验是测定静态力学性能指标的常用方法。通常将材料制成标准试样,装在拉伸试验机上,对试样缓慢施加拉力,使之不断地产生变形,直到拉断试样为止。根据拉伸试验过程中的载荷和对应的变形量关系,可画出材料的拉伸曲线。图 1-5 所示为低碳钢的拉伸曲线。图中的纵坐标表示载荷,横坐标表示变形量,可以从图上显示出材料的常规力学性能。

1. 强度

强度是材料在载荷(外力)作用下抵抗塑性变形和破坏的能力。抵抗外力的能力越大,则强度越高。

材料受到外力作用会发生变形,同时在材料内部产生一个抵抗变形的力(又称为内力),其大小和外力相等,方向相反。

在单位截面面积上产生的内力称为应力,单位为 Pa (帕), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 。工程上常用 MPa(兆帕), $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$,或 $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$ 。

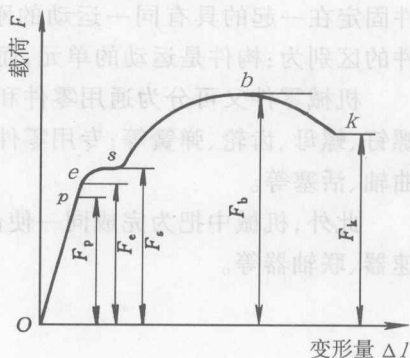


图 1-5 低碳钢的拉伸曲线

(1) 屈服强度 由图 1-5 可知,当载荷增加到 F_s 时,不再继续增加载荷,则试样仍能继续微量伸长,这种现象称屈服。将开始发生屈服现象时的应力,也即开始出现塑性变形时的应力称做屈服极限,用 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中: F_s ——试样屈服时的载荷, N;

A_0 ——试样的原始截面积, mm^2 。

(2) 抗拉强度 当载荷超过 F_s 以后,试样将继续变形,载荷达到最大值后,试样产生缩颈,有效截面急剧减小,直至断裂。抗拉强度是试样在断裂前所能承受的最大应力,用 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中: F_b ——试样断裂前的最大载荷, N;

抗拉强度是设计和选取材料的主要依据之一。

2. 塑性

塑性是材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。材料断裂前,塑性变形愈大,表示它的塑性愈好,反之则表示其塑性差。常用的塑性指标是断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率 是指试样拉断后的标距伸长量和原始标距比,即标距的相对伸长,用 δ 表示。

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

式中: l_0 ——试样原始的标距长度, mm;

l_1 ——试样断裂后的标距长度, mm。

拉伸试样的原始标距 l_0 与原始直径 d_0 之间通常有一定的比例关系。 $l_0 = 10d_0$ 时,称为长试样; $l_0 = 5d_0$ 时称为短试样。使用长试样测定的断后伸长率用符号 δ_{10} 表示,通常写成 δ ;使用短试样测定的断后伸长率用符号 δ_5 表示。同一种材料的短试样伸长率 δ_5 大于长试样的伸长率 δ_{10} 。因此,比较伸长率时要注意试样规格的统一。

(2) 断面收缩率 断面收缩率是指试样拉断后,缩颈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。

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

式中: A_0 ——试样的原始横截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

断面收缩率与试样尺寸无关,所以它能比较确切地反映材料的塑性。材料的 δ 或 ψ 值愈大,表示材料的塑性愈好。塑性直接影响到零件的成形加工及使用。例如,钢的塑性较好,能通过锻造成形,而灰铸铁塑性极差,不能进行锻造。金属材料经塑性变形(屈服)后能得到强化,因此塑性好的零件超载时仍有强度储备,比较安全。

3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划伤的能力。因此硬度也可以看作是材料对局部塑性变形的抗力。

硬度是衡量材料性能的一个综合的工程量或技术量。通常材料硬度越高,耐磨性越好,强度也越高。

测定硬度的方法很多,常用的有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法。

(1) 布氏硬度及其测定 布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的,试验原理如图 1-6 所示。用直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球,在规定载荷 F 的作用下压入被测金属表面,保持一定时间后卸除载荷,测定压痕直径,求出压痕的表面积,压痕单位面积上所承受的平均压力(F/A)即为布氏硬度值,用符号 HBS 或 HBW 表示(压头为淬硬钢球时用 HBS,压头为硬质合金球时用 HBW)。

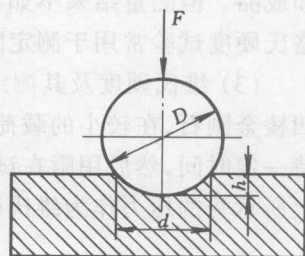


图 1-6 布氏硬度试验原理示意图

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D h} = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: F ——所加载荷, kgf ;

A ——压痕球形表面积, mm^2 ;

D ——球形压头直径, mm ;

d ——压痕直径, mm ;

h ——压痕深度, mm , 根据几何关系有 $h = D/2 - \sqrt{D^2 - d^2}/2$ 。

当所加载荷以 N 为单位时,布氏硬度值表示为

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

由上式可知,当试验载荷和球体直径一定时,压痕直径 d 越大,则布氏硬度值越小,即材料的硬度越低。在实际应用时,只要测出压痕直径 d ,就可在相应的表中查出布氏硬度值。

布氏硬度试验的优点是测定的数据准确、稳定、重复性强,但压痕的面积较大,对金属表面的损伤大,不易测定太薄零件的硬度,也不适合测定成品件的硬度。多用于测定原材料、半成品及微小部分性能不均匀的材料(如铸铁)的硬度。

(2) 洛氏硬度及其测定 洛氏硬度的测定是在洛氏硬度试验机上进行的。它是以锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体,或直径为 1.5875 mm ($1/16\text{ in}$) 的淬火钢球为压头,以一定的载荷压入被测金属材料的表层,然后根据压痕的深度来确定洛氏硬度值。在相同的试验条件下,压痕深度越小,则材料的硬度值越高。

实际测量时,为了减小因材料(试样)表面不平而引起的误差,应先加初载荷,后加主载荷,并可在洛氏硬度试验机的刻度盘上,直接读出硬度值。

洛氏硬度值没有单位,只是根据不同的试验材料、不同的压头和所加压力大小,分 HRA、HRB、HRC 三种标记。其中 HRA 与 HRC 是用锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头,采用的总载荷分别为 588 N 与 1471 N ;而 HRB 值的测定则采用直径 1.5875 mm 的钢球作为压头,总载荷为 980 N 。中等硬度材料可用 HRC 表示;软材料用 HRB 表示;较硬的材料用 HRA 表示。其中 HRC 应用最广。

与布氏硬度相比,洛氏硬度试验操作简单、方便、迅速,适用的强度范围广,可用来测量薄片和成品。但测量结果不如布氏硬度精确。故需在试样上不同部位测定三点,取其算术平均值。洛氏硬度试验常用于测定除各微小部分性能不均匀的材料(如铸铁)外材料的硬度。

(3) 维氏硬度及其测定 维氏硬度的试验原理与布氏硬度基本相同,它是用顶角为 136° 的四棱金刚石,在较小的载荷(压力) F (常用 $50\sim 1000\text{ N}$) 作用下压入被测材料表面,并按规定保持一定时间,然后用附在试验计上的显微镜测量压痕的对角线长度 d (mm),以凹痕单位面积上所承受的压力作为维氏硬度值,用符号 HV 表示。

$$HV = \frac{F}{S_{\text{压痕}}} \approx 1.8544 \frac{F}{d^2}$$

维氏硬度法所测得的压痕轮廓清晰,数值较准确,测量范围广,采用较小的压力可以测量硬度高的薄件(如硬质合金、渗碳层、渗氮层)而不至于将被测件压穿。

4. 冲击韧性

机械设备中有很多零件要承受冲击载荷的作用。对于承受冲击载荷的零件的力学性能不能只以强度和硬度指标来衡量,这是因为一些强度较高的金属,在冲击载荷的作用下也往往会发生断裂。因此,对于一些承受冲击载荷的机械零件和工具,还必须考虑金属材料的冲击韧性。

冲击韧性是指金属材料在冲击载荷的作用下折断时吸收变形能量的能力。它的测定方法是将被测材料制成标准缺口(V 或 U 形)试样,在冲击试验机上由置于一定高度的重锤自由落下而一次冲断,试验原理如图 1-7 所示。冲断试样所消耗的能量称为冲击功,单位

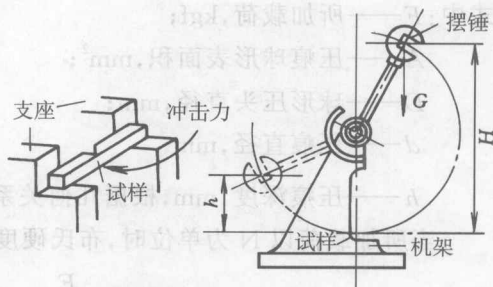


图 1-7 冲击试验原理图

为J,用符号 A_{KV} (或 A_{KU})表示,其数值为重锤冲断试样的势能差,其值可从试验机刻度盘上读得。

冲击韧性值就是试样缺口处单位截面积上所消耗的冲击功,用 a_{KV} (或 a_{KU})表示。

$$a_{KV} = \frac{A_{KV}}{A_0}$$

式中: A_0 ——试样缺口处横截面面积, cm^2 ;

A_{KV} (A_{KU})——V型(U型)缺口试样冲断时所消耗的冲击功, J。

a_{KV} 值越低,表示材料的冲击韧性越差,在受到冲击时越易断裂;反之, a_{KV} 值越大,则韧性越好,受冲击时,越不容易断裂。

5. 疲劳强度

疲劳是指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产生断裂的过程。这种破坏称为疲劳破坏(或疲劳断裂)。

许多机械零件,如各种轴、齿轮、弹簧、连杆等,经常受到大小和方向周期性变化的载荷作用。这种交变载荷常常会使材料在小于其强度极限,甚至小于其弹性极限的情况下,经多次循环后,在没有明显的外观变形时,发生断裂。

疲劳断裂与静载荷下断裂不同,无论是脆性材料还是塑性材料,疲劳破坏都是突然发生的,常常会造成严重事故,具有很大的危险。

疲劳强度是表示材料经周期性交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力,其大小与应力变化的次数有关。

对于钢材一般取循环次数 $N = 10^7$,对有色金属取 $N = 10^8$ 为基数来确定材料的疲劳强度,称为条件疲劳强度。

金属的疲劳破坏与很多因素有关,人们可通过改善零件的结构形状,避免应力集中,改善表面粗糙度,进行表面热处理和表面强化处理来提高金属材料的疲劳强度。

二、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料所具有的能够适应各种加工工艺要求的能力,它是力学、物理和化学性能的综合表现。它包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。

1. 铸造性

铸造是将熔融金属浇入与工件形状相应的铸造型腔中,待其冷却后,得到毛坯或零件的成形方法。而铸造性能是指金属在铸造生产中表现出的工艺性能,如流动性、收缩性、偏析性以及吸气性等。如果某一金属材料在液态时流动能力大,不容易吸收气体,凝固过程中收缩小,凝固后铸件的化学成分均匀,则认为这种金属材料具有良好的铸造性能。在常用的金属材料中,灰铸铁和青铜有良好的铸造性能。

2. 锻造性

锻造性是指金属材料锻造的难易程度。若金属材料在锻造时塑性好(能发生大的塑性变形而不破坏),变形抗力小(锻造时消耗能量小),则称该金属锻造性好;反之,则锻造性差。所以金属的锻造性是金属的塑性和变形抗力两者的综合性能。

钢的锻造性与化学成分有关,低碳钢的锻造性比中碳钢、高碳钢好;普通碳钢的锻造性比同样含碳量的合金钢好;铸铁则没有锻造性。

3. 焊接性

焊接性是指金属材料对焊接成形的适应性,也就是指在一定的焊接工艺条件下金属材料获得优质焊接接头的难易程度。焊接性能好的材料,可用一般的焊接方法和焊接工艺进行焊接,焊缝中不易产生气孔、夹渣或裂纹等缺陷,其强度与母材相近。焊接性能差的金属材料要采用特殊的焊接方法和工艺才能进行焊接。

金属的焊接性很大程度上受金属本身的材质(如化学成分)的影响。在常用金属材料中,低碳钢有良好的焊接性,而高碳钢和铸铁焊接性则较差。

4. 切削加工性

切削加工性是指金属材料被切削加工的难易程度。金属材料的切削加工性,不仅与材料本身的化学成分、金相组织有关,还与刀具的几何参数等因素有关。通常,可根据材料的硬度和韧性对材料的切削加工性作大致的判断。工件材料硬度过高,刀具易磨损,寿命短,甚至不能切削加工;硬度过低,容易粘刀,且不易断屑,加工后表面粗糙。所以硬度过高或过低、韧性过大的材料,其切削性能较差。碳钢硬度为 150~250 HBS 时,有较好的切削加工性;灰铸铁具有良好的切削加工性。

§ 1-3 钢的热处理

钢的热处理是指将固态钢,通过不同方式的加热、保温和冷却,来改变钢的内部组织结构,从而改善钢的性能的一种工艺方法。热处理是机器零件及工具制造过程中的一个重要工序,它是发挥材料潜力,改善使用性能,提高产品质量,延长使用寿命的有效措施。目前机器和仪器上的钢制零件大约 80 % 要进行热处理,而刀具、模具、量具、轴承等则全部要进行热处理。

根据热处理的目的和工艺方法的不同,热处理一般可分为:

整体热处理(普通热处理) 如退火、正火、淬火、回火等;

表面热处理 如火焰加热表面淬火、感应加热表面淬火、其他表面热处理;

化学热处理 渗碳、渗氮、碳氮共渗(氰化)、其他化学热处理。

根据热处理的作用可分为:

最终热处理 其作用是使钢件得到使用要求的性能,如淬火、回火、表面淬火等。

预备热处理 其作用是消除加工(锻、轧、铸、焊等)所造成的某些缺陷,或为以后的切削加工和最终热处理作好准备。例如,钢锻件一般要进行退火或正火,改变锻造后因变形程度不均匀和停锻温度控制不良而造成的晶粒粗大或不均匀现象;调整硬度适合于切削加工,并为以后的淬火作好准备,当然,如果零件的性能要求不高,退火或正火后性能已满足使用要求,以后不再进行其他热处理,则退火和正火也属于最终热处理。

一、退火

根据钢的化学成分的钢件类型的不同,退火工艺可分为:完全退火、球化退火和去应力退火等。

1. 完全退火

完全退火又称重结晶退火,一般简称为退火。完全退火的工艺是将钢件加热到临界温度(临界温度是指固态金属开始发生相变的温度)以上某一温度,经保温一段时间后,随炉缓慢冷却至

500~600℃以下,然后在空气中冷却的一种热处理工艺。

完全退火可以达到细化晶粒的目的。在退火的加热和保温过程中,可以消除加工造成的内应力,而缓慢冷却又避免产生新的内应力。由于冷却缓慢,能得到接近平衡状态的组织,故钢的硬度较低。完全退火一般适用于中碳钢、低碳钢的锻件,铸钢件,有时也可用于焊接件。

2. 球化退火

球化退火的工艺是将钢件加热至临界温度以下的某一温度,保温足够时间后随炉冷却至600℃,出炉空冷的退火工艺。

球化退火一般适用于高碳钢的锻件。因此对工具钢、轴承钢等锻造后必须进行球化退火。避免这些锻件在淬火加热时产生过热、淬火变形和开裂现象,同时能降低锻件硬度,便于切削加工。

3. 去应力退火

去应力退火又称低温退火。低温退火的工艺一般只需把钢件加热至500~650℃,保温足够时间,然后随炉冷却至200~300℃以下出炉空冷。

去应力退火的目的是消除钢件焊接和冷校直时产生的内应力,消除精密零件切削加工(如粗车、粗刨等)时产生的内应力,使这些零件在以后的加工和使用过程中不易产生变形。

二、正火

正火是将工件加热至临界温度以上某一温度,保温一段时间后,从炉中取出在空气中自然冷却的一种热处理工艺。正火的目的与退火相似,主要区别是正火加热温度比退火高,冷却速度比退火快。因此,同样的工件正火后的强度、硬度比退火后的高。

低碳钢件正火可适当提高其硬度,改善切削加工性能。对于性能要求不高的零件,正火可作为最终处理。一些高碳钢件需经正火消除网状渗碳体后才能进行球化退火。

三、淬火

淬火是将工件加热到临界温度以上某一温度,保温一定时间后,然后在水、盐水或油中急剧冷却的一种热处理工艺。淬火的目的是提高钢的硬度和耐磨性。

淬火工艺有两个概念应注意区分,一是淬硬性,是指钢经淬火后能达到的最高硬度,它主要取决于钢中的含碳量;另一个是淬透性,是指钢在淬火时获得淬硬层深度的能力,淬硬层越深,淬透性越好。淬透性取决于钢的化学成分(含碳量及合金元素含量)和淬火冷却方法,如加入锰、铬、镍、硅等合金元素可提高钢的淬透性。淬硬性和淬透性对钢的力学性能影响很大,因此钢的淬硬性和淬透性是合理选材和确定热处理工艺的两项重要指标。

由于钢在淬火时的冷却速度快,工件会产生较大的内应力,极易引起工件的变形和开裂。所以,淬火后的工件一般不能直接使用,必须及时回火。

四、回火

回火是把淬火后的工件重新加热到临界温度以下的某一温度,保温后再以适当冷却速度冷却到室温的一种热处理工艺。回火的目的是稳定组织和尺寸,降低脆性,消除内应力,调整硬度,提高韧性,获得优良的力学性能和使用性能。

回火总是在淬火后进行,通常是热处理的最后工序。淬火钢回火后的性能,与回火的加热温